

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-110861
(P2001-110861A)

(43) 公開日 平成13年4月20日 (2001.4.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 2 F 0 6 3
G 0 1 B 11/30	1 0 2	G 0 1 B 11/30	1 0 2 Z 2 G 0 5 1
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	A 2 H 0 8 8
21/958		21/958	2 H 0 9 2
G 0 2 F 1/13	1 0 1	G 0 2 F 1/13	1 0 1 4 M 1 0 6
審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 15 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平11-285589

(22) 出願日 平成11年10月6日 (1999.10.6)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 小橋 裕

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

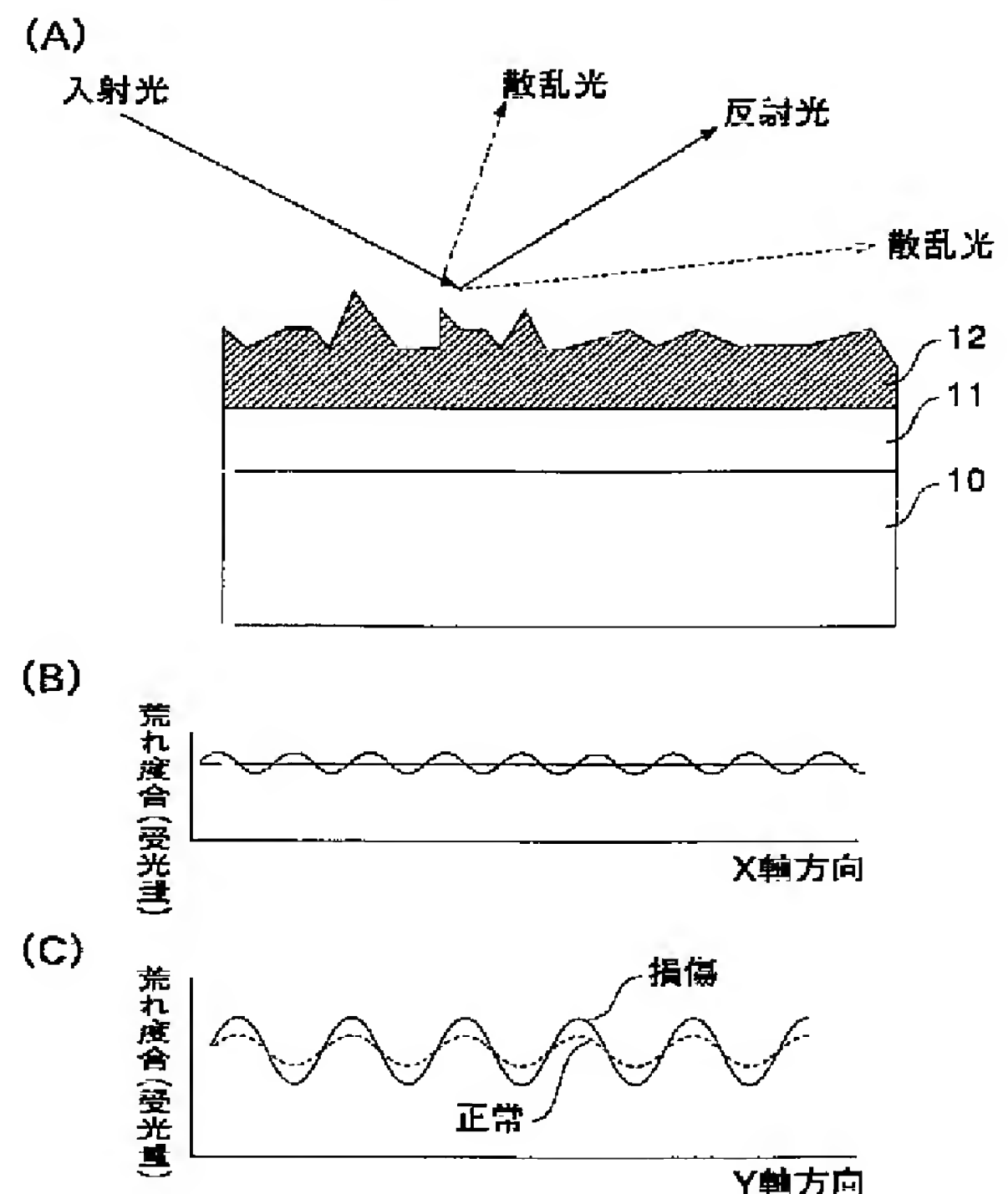
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体膜の検査方法、薄膜トランジスタの製造方法、および半導体膜の検査装置

(57) 【要約】

【課題】 短時間のうちに非破壊で半導体膜の表面状態を検査することにより、T F Tの製造工程などにおいて、正常な膜質の多結晶性半導体膜を形成した基板のみを後工程に回すことのできる多結晶半導体膜の検査方法、T F Tの製造方法、および多結晶性半導体膜の検査装置を提供すること。

【解決手段】 ラインビームによるレーザアニールを行って得た多結晶性の半導体膜12の表面が大きく荒れていると、ほぼ45°光が照射されたとき、光が半導体膜12の表面で散乱し、受光される。よって、散乱光の出力が高レベルであるとして、この基板10に形成された半導体膜12の表面が荒れていると判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板に形成された半導体膜の表面に方向性を有した光を照射し当該半導体膜表面からの散乱光の強度を計測し、該散乱光の強度に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項2】 請求項1において、前記方向性を有した光がレーザー光であることを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項3】 前記半導体膜は、前記基板上に形成されたアモルファス半導体膜にレーザー光を照射して多結晶化された膜であることを特徴とする請求項1乃至2に記載の半導体膜の検査方法。

【請求項4】 請求項3において、前記半導体膜を多結晶化するためのレーザー光の照射領域は一方向に長い矩形であってかつ基板面積より小さく、該レーザー光をレーザー光走査方向に一定の送り幅で走査しながら照射する事で多結晶化することで多結晶化された膜であることを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかにおいて、前記散乱光の強度を当該散乱光の所定波長領域毎に計測し、短波長領域における散乱光の強度と長波長領域における散乱光の強度の比較に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項6】 請求項5において、前記長波長領域における散乱光の強度が前記短波長領域における散乱光の強度に対して低い場合、前記半導体膜の表面の凹凸が大きいと判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項7】 請求項2乃至6のいずれかにおいて、前記レーザー光を前記基板の面内方向で前記レーザー光走査方向とそれに直交する方向について夫々入射させ、前記半導体膜表面からの散乱光の強度を別個に計測し、該2方向の入射光における散乱光の強度差に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項8】 請求項7において、前記2方向の入射光における前記散乱光の強度差が小さいほど前記半導体膜の表面の凹凸状態が等方的であると判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項9】 請求項1乃至8のいずれかにおいて、前記半導体膜表面からの散乱光の強度の前記基板上での面内分布を計測し、該面内分布における強度差に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項10】 請求項9において、前記面内分布における強度差が小さいほど前記半導体膜の表面の凹凸状態が面内で均一であると判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項11】 請求項9乃至10のいずれかにおいて、

前記散乱光の計測結果に基づいて、前記レーザーの走査方向とそれに直交する方向の2方向のうち少なくとも一方向における散乱光の光量変化を定量化することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項12】 請求項11において、前記2方向の少なくともどちらか1方向での前記散乱光の強度変化のフーリエ変換を前記定量化の手段として用い、所定の周期範囲での複素フーリエ成分の絶対値の和に基づいて半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項13】 請求項12において、前記所定の周波数範囲での前記複素フーリエ成分の絶対値の和が大きいほど表面の凹凸状態が大きいと判定する事を特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項14】 請求項12乃至13において、前記所定の周期範囲は前記レーザー照射送り幅周期もしくは前記レーザー照射送り幅を整数で除した周期のいずれかを含む事を特徴とする半導体膜の検査方法。

【請求項15】 請求項1乃至14のいずれかに規定する半導体膜の検査方法により表面の凹凸状態が所定のレベル範囲内であると判定された半導体膜を能動層として用いて薄膜トランジスタを形成することを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項16】 請求項1乃至14のいずれかに規定する半導体膜の検査方法を実施するための半導体膜の検査装置であって、前記基板上の半導体膜表面に方向性を有した光を照射する膜質評価用光源と、該膜質評価用光源から照射された光が前記半導体膜表面で鏡面反射する方向から外れた位置で散乱光の強度を検出する光検出器と、該散乱光の強度から前記半導体膜の表面凹凸状態を判定する膜質判定手段とを有することを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項17】 請求項16において、前記膜質評価用光源は少なくとも所定波長以上と所定波長以下の2種類の波長域を含む光を出力する光源であって、前記光検出器は前記散乱光の特定波長領域毎の強度を計測する手段を備えることを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項18】 請求項16において、前記膜質評価用光源は少なくとも2つの所定波長域の光を選択的に出力する特性を有することを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項19】 請求項17または18において、前記所定波長域は400nmから500nmである事を特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項20】 請求項16乃至19のいずれかにおいて、前記膜質評価用光源として、前記基板上に形成したアモルファスの半導体膜に対してレーザーアニールを施すレーザー光源であり、該レーザー光源は前記半導体膜の検査に用いることを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項21】 請求項16乃至19のいずれかにおい

て、前膜質評価用光源とは別個に、前記基板上に形成したアモルファスの半導体膜に対してレーザアニールを施すためのレーザ光源を有していることを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項22】 請求項20または21において、前記基板を載置するステージを有してなり、該ステージはレーザアニール時及び前記半導体膜の表面凹凸状態を散乱光の強度により検査時に兼用してなることを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項23】 請求項22において、前記基板を載置するステージとして、レーザアニール時に用いる第1のステージと、レーザアニール後に前記半導体膜の表面凹凸状態を散乱光の強度により検査する第2のステージとを有し、該第2のステージは、レーザアニール後の基板を冷却するための冷却手段を備えていることを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項24】 請求項16乃至23のいずれかにおいて、前記膜質判定手段は、前記半導体膜の凹凸を判定したとき、当該基板を不具合品として排出するための指令信号、あるいは当該基板が不具合品である旨の警報を発するように構成されていることを特徴とする半導体膜の検査装置。

【請求項25】 請求項16乃至24のいずれかにおいて、前記光源および前記光検出器の校正を行うための所定の凹凸を備えるサンプルが前記基板を載置するステージ上に配置されていることを特徴とする半導体膜の検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜トランジスタ（以下、TFTという。）の製造などに用いる多結晶性半導体膜の検査方法、この検査方法で検査済みの半導体膜を用いたTFTの製造方法、および結晶性半導体膜の検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶ディスプレイのアクティブ素子等として用いられるTFTを製造するにあたっては、石英基板に代えて、安価なガラス基板を使用できるように低温プロセスが採用されつつある。低温プロセスとは、一般に、工程の最高温度（基板全体が同時に上がる最高温度）が600℃程度未満であるのに対して、高温プロセスとは工程の最高温度（基板全体が同時に上がる最高温度）が800℃程度以上になるものであり、シリコンの熱酸化等といった700℃～1200℃の高温の工程を行うものである。

【0003】この低温プロセスを用いたTFTの製造方法の一例を示すと、図1（A）に示すように、超音波洗浄等により清浄化したガラス製の基板10を準備した後、基板温度が約150℃から約450℃の温度条件下で、図1（B）に示すように、基板10の全面に厚さが

200nm程度のシリコン酸化膜からなる下地保護膜11をプラズマCVD法により形成する。次に、基板温度が約150℃から約450℃の温度条件下で基板10の全面に厚さが60nmのアモルファスシリコン膜からなる半導体膜12をプラズマCVD法により形成する。次に、図1（C）に示すように、半導体膜12に対してレーザ光を照射してレーザアニールを施す。

【0004】このレーザアニール工程では、たとえば、図2に示すように、レーザ光の照射領域LがX方向に長いラインビームL0（たとえば、レーザパルスの繰り返し周波数が200Hzのラインビーム）を半導体膜12に照射し、その照射領域をY方向にずらしていく。その結果、アモルファスの半導体膜12は、一度熔融し、冷却固化過程を経て結晶化する。この際には、各領域へのレーザ光の照射時間が非常に短時間であり、かつ、照射領域も基板全体に対して局所的であるため、基板全体が同時に高温に熱せられることがない。それ故、基板10として用いたガラス基板は、石英基板と比較して耐熱性の面で劣っていても、熱による変形や割れ等が生じない。

【0005】しかしながら、アモルファスの半導体膜12にレーザアニールを施す際に、アニール時のレーザエネルギー密度を上げすぎると、半導体膜12の表面が荒れてしまい、TFTのゲート耐電圧が低下するなどTFTの製造に使用できなくなるという問題点がある。かといって、レーザアニール時のエネルギー密度を弱めると、結晶化がすすまず、やはりTFTの製造に使用できなくなる。また、基板10・半導体膜12に対する洗浄状態が悪い場合も半導体膜12の表面が荒れてしまうことがある。従って、TFTの製造工程中にアニール後の半導体膜12の膜質を検査できれば、検査結果において正常と判定したものだけを後工程に回すことができるので、TFTの製造コストを低減することができる。しかし、このようなインラインで検査を行うには、短時間のうちに非破壊で行える方法でなければならない。このため、従来、研究室などで膜質を評価するのに行われているラマン分光法による検査方法、エリプソメータによる検査方法、原子間力顕微鏡や透過型電子顕微鏡を用いた検査方法は、製造工程に組み入れることができない。

【0006】そこで、本発明の課題は、TFTなどの製造工程中に短時間のうちに非破壊で半導体膜の表面状態を検査することにより、TFTの製造工程などにおいて、正常な膜質の多結晶性半導体膜を形成した基板のみを後工程に回すことのできる多結晶半導体膜の検査方法、この方法を用いて基板の選別を行うTFTの製造方法、およびこれらの方法の実施に用いられる多結晶性半導体膜の検査装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本願発明者が繰り返した実験によれば、アモルファスの半導体膜に対してレーザアニールなどの結晶化処理を行った際に発生する損

傷は、図3(A)に示すように、半導体膜の表面に大きな凹凸が存在するか否かによって判定できるという新たな知見を得た。また、図2に示すように、レーザ光の照射領域LがX方向に長いラインビームLO(たとえば、レーザパルスの繰り返し周波数が200Hzのラインビーム)をY方向にずらしていく方法では、図3(B)に示すように、X方向では表面粗さがほぼ一定であるが、図3(C)に示すように、Y方向では表面粗さが周期的に変化するので、これらの表面粗さの異方性を解消することが信頼性の高いTF Tを均一に形成するのに必要であるとの知見も得た。このような新たな知見に基づいて、本発明では、以下のような膜質の評価を行うことにより、TF Tなどの製造工程中に短時間のうちに非破壊で半導体膜の膜質を評価し、TF Tの製造工程において、正常な膜質の多結晶性の半導体膜を形成した基板のみを後工程に回すことを提案する。

【0008】本発明に係る発明では、基板に形成された半導体膜の表面に方向性を有した光を照射し当該半導体膜表面からの散乱光の強度を計測し、該散乱光の強度に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする。

【0009】このような検査方法は、短時間のうちに非破壊で半導体膜の膜質を評価できるので、TF Tの製造工程においてインラインで膜質の評価を行い、正常な膜質の多結晶性の半導体膜を形成した基板のみを後工程に回すことができる。それ故、TF Tをスイッチング素子として用いた液晶パネルのアクティブマトリクス基板の歩留りおよび信頼性が向上する。また、方向性を有した光がレーザ光であることを特徴とする。また、半導体膜は、基板上に形成されたアモルファス半導体膜にレーザ光を照射して多結晶化された膜であることを特徴とする。

【0010】また、前記半導体膜を多結晶化するためのレーザ光の照射領域は一方向に長い矩形であってかつ基板面積より小さく、該レーザ光をレーザ光走査方向に一定の送り幅で走査しながら照射する事で多結晶化することで多結晶化された膜であることを特徴とする。

【0011】また、本発明は散乱光の強度を当該散乱光の所定波長領域毎に計測し、短波長領域における散乱光の強度と長波長領域における散乱光の強度の比較に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定する。具体的には前記長波長領域における散乱光の強度が前記短波長領域における散乱光の強度に対して低い場合、前記半導体膜の表面の凹凸が大きいと判定することを特徴とする。すなわち、半導体膜の表面の凹凸が大であるほど、長波長領域の分散光の強度が相対的に高まるので、波長領域毎の分散光の強度比も考慮すれば、より確実な膜質評価を行うことができる。波長領域毎の分散光強度を測定する手段としては入射光の波長を切り替えても良いし、入射光が複数の波長域を含むようにし、散乱光を波

長別に分光して測定しても良い。

【0012】また、本発明はレーザ光を前記基板の面内方向で前記レーザ光走査方向とそれに直交する方向について夫々入射させ、前記半導体膜表面からの散乱光の強度を別個に計測し、該2方向の入射光における散乱光の強度差に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする。具体的には、前記2方向の入射光における前記散乱光の強度差が小さいほど前記半導体膜の表面の凹凸状態が等方的であると判定することを特徴とする。ラインビームの照射領域をずらしながら半導体膜全面にアニールを施す方法では、ラインビームの長手方向(図2または図3でのX方向。以下、主走査方向と称する。)とそれを移動させていく方向(図2または図3でのY方向であり、請求項2に記載の特定方向。以下、副走査方向と称する)とでは多結晶表面の凹凸状態が相違する。すなわち、ラインビームを移動させていく副走査方向では、主走査方向に比して温度勾配があるため、この方向に結晶が成長しやすい。このため、凹凸の形状もこれに従って副走査方向と主走査方向で異なったものになる。従って、直行する入射光2方向において強度差が小さいほど多結晶性半導体膜の表面凹凸状態が異方的であると判定することができる。

【0013】また本発明は前記半導体膜表面からの散乱光の強度の前記基板上での面内分布を計測し、該面内分布における強度差に基づいて前記半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする。具体的には、前記面内分布における強度差が小さいほど前記半導体膜の表面の凹凸状態が面内で均一であると判定することを特徴とする。

【0014】また、前記散乱光の計測結果に基づいて、前記レーザの走査方向とそれに直交する方向の2方向のうち少なくとも一方向における散乱光の光量変化を定量化することを特徴とする。前記のラインビームの照射領域をずらしながら半導体膜全面にアニールを施す方法では、凹凸の分布が異方的であり、前記主走査方向に比して前記副走査方向ではラインビームの重なり部分において縞状の凹凸分布が発生しやすい。このため、主走査方向と副走査方向とでの表面荒さの分布がそれぞれ所定の範囲内であるかを判定するか、あるいはそれぞれを相対的に比較することでアニール条件の変動を精度良く計測できる。

【0015】また本発明は、2方向の少なくともどちらか1方向での前記散乱光の強度変化のフーリエ変換を前記定量化の手段として用い、所定の周期範囲での複素フーリエ成分の絶対値の和に基づいて半導体膜の表面の凹凸状態を判定することを特徴とする。具体的には、前記所定の周波数範囲での前記複素フーリエ成分の絶対値の和が大きいほど表面の凹凸状態が大きいと判定する事を特徴とする。前記副走査方向においてはその凹凸はラインビームの送りピッチに相関して比較的短い周期性を有

するため、比較的短い周期のフーリエ成分の絶対値が大きくなる傾向を示す。一方、主走査方向では比較的長い周期性しか有さないため、適切な所定の周期帯に相当するフーリエ成分を主走査方向と副走査方向で比較すればその凹凸の異方向性を定量化可能になる。もちろん、これらの定量化は散乱光の波長域別に行えばなお効果的である。すなわち、低波長領域での所定の周期範囲のフーリエ成分と高波長領域でのフーリエ成分を比較することにより、周期的に現れる凹凸の大きさをより精密に判定可能になる。

【0016】また、前記所定の周期範囲は前記レーザー照射送り幅周期もしくは前記レーザー照射送り幅を整数で除した周期のいずれかを含む事を特徴とする。前記副走査方向の凹凸周期はレーザービームの送りピッチと基本的に一致するため、所定波長領域をこのように設定することでさらに精度良く、異方性が判定できる。

【0017】また、本発明は多結晶性半導体膜の検査方法により表面の凹凸状態が所定のレベル範囲内であると判定された多結晶性半導体膜を能動層として用いて薄膜トランジスタを形成することを特徴とする。これにより、均一性、信頼性に優れた薄膜トランジスタ基板を安定して生産可能になる。

【0018】そして、半導体膜の検査方法を実施するための多結晶性半導体膜の検査装置であって、基板上の多結晶性半導体膜表面にレーザー光あるいは平行光を照射する膜質評価用光源と、該膜質評価用光源から照射された光の前記多結晶性半導体膜表面での反射方向から外れた位置で散乱光の強度を検出する光検出器と、該散乱光の強度、面内分布、副走査方向と主走査方向のいずれかが所定の範囲外である場合に前記多結晶性半導体膜の表面の凹凸が異常であると判定する膜質判定手段とを有することを特徴とする。

【0019】また、前記膜質評価用光源は少なくとも所定の波長以上と所定の波長以下の2種類の波長帯域を含む光を出力する光源であり、光検出器は、前記散乱光の波長を分光して波長領域毎の強度を計測する機能を有することを特徴とする。これにより、長波長域と短波長域の光の散乱強度を比較して半導体膜の凹凸の大きさを判定できる。

【0020】前記膜質評価用光源は少なくとも所定波長以上と所定波長以下の2種類の波長域を含む光を出力する光源であって、前記光検出器は前記散乱光の特定波長領域毎の強度を計測する手段を備えることを特徴とする。これにより、長波長選択時の散乱光強度と短波長選択時の散乱光強度を比較することで、長波長域と短波長域の光の散乱強度を比較して半導体膜の凹凸の大きさを判定できる。

【0021】所定の波長として、400nmから500nmの波長を用いる事を特徴とする。本願発明者の実験によると、適正な条件でアニールされた基板とレーザー

照射エネルギーが高すぎた等で大きな凹凸を有する基板では400から500nm以下の波長域では散乱光強度に大きな差異は無いが、これ以上の波長域では相対的により大きな差異を有する。従って、半導体膜の凹凸の状態を正確に判定しうる。

【0022】前記膜質評価用光源として、前記基板上に形成したアモルファスの半導体膜に対してレーザーアニールを施すことが可能なレーザー光源を用い、該レーザー光源は、前記多結晶性半導体膜の検査用および前記アモルファス半導体膜へのレーザーアニール用として共用されていることを特徴とする。これにより、多結晶化レーザーアニール装置と多結晶半導体膜検査装置をコンパクトにかつ安価に一体化できる。

【0023】前記膜質評価用光源とともに、前記基板上に形成したアモルファスの半導体膜に対してレーザーアニールを施すことが可能なレーザー光源を有していることを特徴とする。

【0024】前記基板を載置するステージとして、レーザーアニール時に用いるとき、および前記多結晶性半導体膜の表面粗さを散乱光の強度により検査するときのいずれのときにも用いる共用のステージを有していることを特徴とする。これにより、多結晶化レーザーアニール装置兼多結晶半導体膜検査装置をよりコンパクトかつ安価にできる。

【0025】前記基板を載置するステージとして、レーザーアニール時に用いるとき第1のステージと、レーザーアニール後に前記多結晶性半導体膜の表面粗さを散乱光の強度により検査するときに用いる第2のステージとを有し、該第2のステージは、レーザーアニール後の基板を冷却するための冷却手段を備えていることを特徴とする。

【0026】前記膜質判定手段は、前記多結晶性半導体膜の表面が荒れていると判定したときには、当該基板を排出するための指令信号、あるいは当該基板が不具合品である旨の警報を発するように構成されていることを特徴とする。これにより、多結晶半導体検査において異常と判定された基板を速やかに排出し、正常と判定した基板のみを以降の工程へ進ませることで信頼性・均一性に優れたTF T基板を安価に得られる。また、異常と判定した時に製造装置・オペレーターへ速やかに結果を通知し、以降の製造条件へフィードバックしたり、装置のメンテナンスを行うように促すことも可能である。

【0027】前記光源および前記光検出器の校正を行うための所定の凹凸を備えるサンプルがステージ上に配置されていることを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0029】〔多結晶性半導体膜の製造方法〕ガラス基板上にTF Tを製造するには、まず、ガラス基板を変形させることなく、ガラス基板上に多結晶性の半導体膜を

形成する必要がある。このような制約下で多結晶の半導体膜を形成するには、図1 (A) に示すように、超音波洗浄等により清浄化した無アルカリガラス製の基板10を準備した後、基板温度が約150℃から約450℃の温度条件下で、図1 (B) に示すように、基板10の全面に厚さが200nm程度のシリコン酸化膜からなる下地保護膜11をプラズマCVD法により形成する。このときの原料ガスとしては、たとえばモノシランと笑気ガスとの混合ガスやTEOSと酸素、あるいはジシランとアンモニアを用いることができる。なお、下地保護膜12としては、シリコン窒化膜等の絶縁膜やそれらの多層膜を用いることもできる。次に、基板温度が約150℃から約450℃の温度条件下で基板10の全面に厚さが60nmのアモルファスシリコン膜からなる半導体膜12をプラズマCVD法により形成する。このときの原料ガスとしては、たとえばジシランやモノシランを用いることができる。その他、同じくジシラン等を用いて減圧CVDあるいは常圧CVDを用いて形成しても構わない。次に、図1 (C) に示すように、半導体膜12に対してレーザ光を照射してレーザアニールを施す。

【0030】このレーザアニール工程では、たとえば、図2に示すように、レーザ光の照射領域LがX方向（主走査方向）に長いラインビームL0（たとえば、レーザパルスの繰り返し周波数が200Hz、ビームの長さ200mm、幅0.5mmのラインビーム）を半導体膜12に照射する。その結果、アモルファスの半導体膜12は、一度熔融し、冷却固化過程を経て結晶化する。この際には、各領域へのレーザ光の照射時間が非常に短時間であり、かつ、照射領域も基板全体に対して局所的であるため、基板全体が同時に高温に熱せられることがない。それ故、基板10として用いたガラス基板は、石英基板と比較して耐熱性の面で劣るが、熱による変形や割れ等が生じない。

【0031】このように形成した半導体膜12については、図3 (A) を参照して前記したように、半導体膜12の表面状態を評価することにより、半導体膜12が適正に多結晶化しているのか、あるいは表面が荒れるなどの損傷が起きているのかを検査できる。そのための検査方法を、各実施形態毎に以下に説明する。

【0032】〔実施の形態1〕図4は、本形態に係る多結晶性半導体膜の検査方法を実施する前に行うレーザアニール工程で使用するアニール装置の要部を模式的に示す斜視図である。図5は、本形態に係る多結晶性半導体膜の検査装置の要部を模式的に示す斜視図である。図6および図7はそれぞれ、本形態の検査装置の要部をY軸方向からみた側面図、およびX方向からみた側面図である。

【0033】本形態の検査装置100は、レーザアニール工程とは別の工程で検査を行う検査専用の装置であるため、レーザアニール工程は、図4に示すアニール装置

300で行う。

【0034】この図4に示すアニール装置300では、アモルファスシリコン膜からなる半導体膜12が形成されたガラス製の基板12を載置するX-Yステージ310と、レーザ光源320と、このレーザ光源320から出射されたレーザ光をステージ310上に載置された基板12に向けてラインビームL0として出射、集光する光学系325とを有している。ここに示す例では、ラインビームL0の照射領域LはX方向に延びているため、基板12の全面にレーザアニールを行うには、X-Yステージ310がY方向に移動していくことになる。

【0035】このようなアニール装置300を用いてレーザアニールを行った後は、図5、図6および図7に示す検査装置100において半導体膜12の検査を行う。

【0036】検査装置100には、アニール工程を終えた多結晶性の半導体膜12が形成されたガラス製の基板12を載置するX-Yステージ110と、対物レンズ126とが配置されている。また、対物レンズ126またはX-Yステージ110が装置光軸MLに沿って上下することによりオートフォーカスが行われる。

【0037】さらに、本形態の検査装置100には、Z-X平面上で基板10に対してほぼ45°、ほぼ45°の角度を成す方向から白色光を照射する第1のオフセット照明用光源122（膜質評価用光源）が配置され、かつ、Y-Z平面上で基板10に対してほぼ45°、ほぼ45°の角度を成す方向から白色光を照射する第2のオフセット照明用光源123（膜質評価用光源）が配置されている。また、装置光軸ML上には、基板10に対して鉛直の向きに配置されたカラーCCD（Coupled-Charge Device）カメラ160（受光器）が配置され、このCCDカメラ160の検出結果はパーソナルコンピュータ150に出力されるようになっている。このパーソナルコンピュータ150は、CCDカメラ160の検出結果に基づいて、基板10に形成した半導体膜12が正常（多結晶化している）か、あるいは異常なのか（多結晶化していないか、あるいは表面が異常に荒れているか）を判定する膜質判定手段として機能する。ここで、膜質判定手段は、パーソナルコンピュータ150に予め格納されている動作プログラムに従って行われる動作によって実現される。また、パーソナルコンピュータ150は、X-Yステージ110の駆動制御などの制御も司る。さらに、パーソナルコンピュータ150は、対物レンズ126の自動交換、光源のオン／オフ、CCDカメラ160のゲイン調整なども行う。さらにまた、パーソナルコンピュータ150は、後述する検査結果を通信用インターフェースを介して工程管理用のホストコンピュータなどにも出力し、アニール装置に対するフィードバックなども可能とする。

【0038】ここで、X-Yステージ110上には、所定の凹凸をもった校正用サンプル119が配置されてい

るので、パーソナルコンピュータ150は、定期的にあるいはオペレータからの要請に基づいて、校正用サンプル119に対して第1のオフセット照明用光源122、第2のオフセット照明用光源123から光を照射させてその散乱光や反射光をカラーCCDカメラ160によって受光させ、その結果に基づいて、CCDカメラ160のゲイン調整などの校正を行う。そして、パーソナルコンピュータ150は、この校正の際にCCDカメラ160の受光結果が所定のレベル以上にずれている場合にはその旨の警告を発し、第1のオフセット照明用光源122および第2のオフセット照明用光源123をチェックするように報知する。

【0039】このように構成した多結晶性の半導体膜12の検査装置100において、第1のオフセット照明用光源122から平行光として出射された白色光が基板10上の半導体膜12に照射されると、この光はZ-X面内において装置光軸MLに対してほぼ45°、ほぼ45°の角度をなす方向から基板10上の半導体膜12に照射される。ここで、Z-X面内は、図2および図3に示すレーザアニールに用いたラインビームL0における長手方向（主走査方向）である。

【0040】半導体膜12が十分に多結晶化していない場合には、ほとんどの光は、Z-X面内において装置光軸MLに対してほぼ45°、ほぼ45°の角度をなす方向に反射する。従って、装置光軸ML上に配置されたCCDカメラ160には、反射光がほとんど届かない。それ故、マイクロコンピュータ150は、CCDカメラ160からの出力が低レベルであるとして、この基板10に形成された半導体膜12は多結晶化しておらず、異常であると判定する。

【0041】また、半導体膜12が多結晶化の際に表面が大きく荒れていると、一部の光はZ-X面内において装置光軸MLに対してほぼ45°、ほぼ45°の角度をなす方向に反射するが、相当量の光は半導体膜12の表面で散乱し、そのうち、装置光軸MLの方に散乱した光は、CCDカメラ160でRGB別に色分解されて受光される。それ故、CCDカメラ160には、散乱光が十分に届くことになる。よって、マイクロコンピュータ150は、CCDカメラ160からの出力が高レベルであるとして、この基板10に形成された半導体膜12の表面は異常に荒れていると判定する。

【0042】これに対して、半導体膜12が適正に多結晶化していると、その表面には微細な凹凸が形成されるだけであるので、一部の光はZ-X面内において装置光軸MLに対してほぼ45°の角度をなす方向に反射し、一部の光は半導体膜12の表面で散乱し、そのうち、装置光軸MLの方に散乱した光は、CCDカメラ160で受光される。それ故、CCDカメラ160には、所定の光量の散乱光が届くことになる。よって、マイクロコンピュータ150は、CCDカメラ160からの出力が適

正な範囲内にあるとして、この基板10に形成された半導体膜12は正常であると判定する。

【0043】また、検査装置100において、第2のオフセット照明用光源123から出射された白色光が基板10上の半導体膜12に照射されると、この光はY-Z面内において装置光軸MLに対してほぼ45°の角度をなす方向から基板10上の半導体膜12に照射される。ここで、Y-Z面内は、レーザアニールに用いたラインビーム10における幅方向（ラインビーム10の長手方向に直交する副走査方向）である。このように第2のオフセット照明用光源123から出射された白色光が基板10上の半導体膜12に照射されたときも、同様に半導体膜の状態に応じた散乱光強度を得るが、表面半導体膜12上の凹凸形状が異方的である場合は第1のオフセット照明用光源122を使用した場合とは散乱光の強度が異なる。従って、散乱光強度の差異が大きい場合、マイクロコンピュータ150は異方的な荒れが半導体膜12上に生じていると判定する。

【0044】また、本形態において、CCDカメラ160は、赤(R)、緑(G)、青(B)に相当する各波長領域毎の光量を検出する。これら3原色に相当する波長領域の光のうち、半導体膜12の表面に形成された凹凸が微細であれば、散乱光には短波長領域（青/B）の光が多く含まれる。これに対して、半導体膜12の表面に形成された凹凸が大きければ、散乱光には短波長領域（青/B）輝度により長波長領域（赤/R）の光量を除いた数値は相対的に凹凸が小さい時に比べ大きくなる。それ故、マイクロコンピュータ150は、CCDカメラ160からの出力結果において、CCDカメラ160での散乱光の受光レベルがある一定の範囲内にあって、かつ、短波長領域（青/B）の受光量、中波長領域（緑/G）および長波長領域（赤/R）の受光量とを対比したときに、低波長領域（青/B）の受光量が一定の比率より大であるときに、基板10に形成された半導体膜12は正常であると判定する。このように構成すると、散乱光の光量だけでなく、それに含まれる光の波長領域も考慮して半導体膜12の評価を行うことができるので、半導体膜12の良否をより正確に検査することができる。

【0045】さらに、本形態では、受光器はCCDカメラ160だけであるが、基板10の面内で直交する2方向から平行光からなる白色光を出射する2つの膜質評価用光源（第1のオフセット照明用光源122および第2のオフセット照明用光源123）が配置される。また、基板10はX-Yステージ110上に載置され、このX-Yステージ110をX軸方向およびY軸方向に移動させて、第1のオフセット照明用光源122および第2のオフセット照明用光源123からの基板10に対する照射領域を移動させると、基板10の全面に対して上記の検査を行うことができる。従って、基板10の全面に対して半導体膜12の結晶状態を把握することができる。

また、マイクロコンピュータ150において、CCDカメラ160からの各ピクセル出力と座標を対応させてメモリに記憶させておけば、CCD画像面内で直交する2方向における散乱光の変化、および半導体膜12の結晶状態の面内分布を得ることができる。ここで、第2のオフセット照明用光源123から出射された白色光が基板10上の半導体膜12に照射されるのはY-Z面内であり、レーザアニール時のラインビームの移動方向(副走査方向)に相当する。従って、アニール工程において前回のラインビームの照射領域と今回のラインビームの照射領域とが部分的に重なっているときには、図3(B)に示すように、このY軸方向で半導体膜12の膜質が周期的に変化する。たとえば、ラインビームをY方向で部分的に重なるようにアニール処理を行った場合には、このY方向において、ラインビームが重ねて照射された部分では、厳しい条件下でアニールされることになるので、半導体膜12の膜質はビームの副走査方向への送りピッチで周期的に変化する。すなわち、CCDカメラ160の受光量はY方向に沿って周期的に変化する。この周期性を定量化するためには例えばCCDカメラの画像を副走査方向でフーリエ変換すれば良い。例えば、視野256ミクロン角の画像が256x256ピクセルの分解能で格納されているとする。まず、主走査方向で1ライン分を平均して256個の数列($a_0, a_1, a_2, \dots, a_{255}$)に直し、副走査方向での輝度の分布数列として格納する。これを実数離散フーリエ変換、すなわち、

$$A_k = \sum_j a_j e^{-2\pi i j k / N} \quad (\text{from } j=0 \text{ to } N-1)$$

で表される複素数列 A_k に変換する。ここで単に $K=1 \sim 128$ の全範囲で $|A_k|$ を和しても良いが、副走査方向でのレーザの送りピッチに着目するとさらに精度良く定量化できる。

【0046】すなわち、 $|A_k|$ は256/kミクロンピッチの周期成分を表すため、例えばレーザの副走査方向の送りピッチが50ミクロンであれば、 $k=5$ 前後の $|A_k|$ がレーザの送りピッチでの凹凸周期の強さを表し、レーザピッチによる周期的な凹凸が強く現れている場合はこの値が大きくなる。また、この高調波成分として、 $|A_{2k}|, |A_{3k}|, \dots$ といった値も同様である。ここで $|A_k|$ は離散的な数列であるため、 $K=5, 10, 15, \dots$ の前後の $|A_k|$ を一定範囲で和すればなお精度が良い。

【0047】このような処理により半導体膜12の表面粗さの周期スペクトルを求めることができ、この周期分布成分が小さいほど、結晶性の半導体膜12の表面粗さが均一であると判定することができる。一方、当然の事ながら主走査方向ではこのような周期成分は現れない。

【0048】このように本形態の検査装置100によれば、TF Tなどの製造工程中に、数秒から数分といった短時間のうちに非破壊で半導体膜12の膜質を定量的に評価することができる。従って、このような全数検査で良品と判定された基板10のみを後工程に回してTF T

を製造していけば、異常な半導体膜12に対してTF Tを作り込むという無駄な工程を行う必要がないので、TF Tの製造コストを低減できる。また、良品と判定された半導体膜12のみを用いてTF Tを製造するので、品質の安定したTF Tを製造できる。よって、このような品質の安定したTF Tを画素スイッチング用、あるいは駆動回路用に作り込んだアクティブマトリクス基板を用いれば、このアクティブマトリクス基板を用いた液晶パネルでは、表示品位の向上および信頼性の向上を図ることができる。

【0049】[実施の形態2] 図8は、本形態に係る多結晶性半導体膜のレーザアニール・検査装置200の要部を模式的に示すブロック図である。図9は、本形態に係る多結晶性半導体膜のレーザアニール・検査装置200の光学系などを模式的に示す斜視図である。図10および図11はそれぞれ、本形態のレーザアニール・検査装置200の光学系をY軸方向からみた側面図、およびX方向からみた側面図である。

【0050】図8において、本形態のレーザアニール・検査装置200は、レーザアニール工程と検査工程とを同一装置内で連続して行うことができるようにアニール装置300に対して検査装置200を構成してある。すなわち、本形態のレーザアニール・検査装置200では、アモルファスの半導体膜を形成し終えた基板10をカセット上(図示せず。)に複数枚、搭載したまま、装置内に投入するためのカセットローダー部271と、検査の結果において良品と判定された基板10を収納しておくカセットアンローダー部272と、半導体膜12が異常であると判定された基板10を排出するための不良基板排出部290と、カセットローダー部271から搬送ロボット280によって基板が1枚ずつ供給されてくるX-Yステージ210と、レーザアニールおよび光学的な検査を行う光学系部205とが構成され、この光学系部205の制御、ステージ210の制御、および搬送ロボット280の制御は、いずれもマイクロコンピュータ250によって制御されている。ここで、光学系部205は真空チャンバー209内に配置されている。

【0051】このレーザアニール・検査装置200において、光学系部205には、図9、図10および図11に示すように、半導体膜12が形成されたガラス製の基板12を載置するX-Yステージ210と、レーザ光源220と、このレーザ光源220から出射されたレーザ光をステージ210上に載置された基板12に向けてラインビームとして出射、集光する光学系235とを有している。ここに示す例では、ラインビームの照射領域はX方向に延びているため、基板12の全面にレーザアニールを行うには、X-Yステージ210がY方向に移動していくことになる。

【0052】また、光学系部205には、Z-X平面上で基板10からほぼ45°の角度で反射してくる散乱光

を受光するための第1の散乱光受光器230と、Z-X平面上で基板10からほぼ45°の角度で反射してくる散乱光を受光するための第2の散乱光受光器240とが配置されている。ここで、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240からはマイクロコンピュータ250に対して受光結果の出力が行われるように構成されている。このパーソナルコンピュータ250は、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240の検出結果に基づいて、基板10に形成した半導体膜12が正常（多結晶化している）にレーザアニールされたのか、あるいはレーザアニールが適切でなかったのか（多結晶化していないか、あるいは損傷しているか）を判定する膜質判定手段として機能する。このような膜質判定手段は、パーソナルコンピュータ250において予め格納されている動作プログラムに従って行われる動作によって実現される。また、マイクロコンピュータ250は、後述する検査工程で半導体膜12が異常であると判定された場合には、その旨の警告を発するように設定されている。

【0053】ここで、X-Yステージ210上には、所定の凹凸をもった校正用サンプル219が配置されているので、パーソナルコンピュータ250は、定期的にあるいはオペレータからの要請に基づいて校正用サンプル219に対してレーザ光源220からのレーザ光を照射させて、その散乱光を第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240によって受光させ、その結果に基づいて、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240の感度調整などの校正を行う。そして、パーソナルコンピュータ150は、この校正の際に第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240の受光結果が所定のレベル以上にずれている場合にはその旨の警告を発し、レーザ光源220をチェックするように報知する。

【0054】このように構成したレーザアニール・検査装置200においては、まず、搬送ロボット280によってカセットローダー部271から、アモルファスの半導体膜12の形成された基板10が1枚、取り出された後、搬送ロボット280が回転して基板10をチャンバー209内のX-Yステージ210上に載置する。すると、チャンバー209が真空引きされた後、レーザ光源220から基板12上の半導体膜12に向けてラインビームが照射される。ここで、ラインビームの照射領域はX方向に延びているため、基板12の全面にレーザアニールを行うためにX-Yステージ210はY方向に移動していく。

【0055】このようにしてレーザアニール工程を行った後は、続いて、同じX-Yステージ210上で半導体膜12の検査を行う。それには、レーザ光源220から半導体膜12が再結晶を起こさない程度の低パワーのレーザ光をステージ210上に載置された基板12に向け

て出射する。その結果、基板10上の半導体膜12が十分に多結晶化していない場合には、ほとんどの光は、Z-X面内において装置光軸MLに平行に反射する。従って、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240には反射光がほとんど届かない。それ故、マイクロコンピュータ250は、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240の出力が低レベルであるとして、この基板10に形成された半導体膜12は異常であると判定する。この判定結果に基づいて、搬送ロボット280は、この基板12を不良基板排出部290に送り込む。

【0056】また、半導体膜12が多結晶化の際に損傷していると、一部の光は装置光軸MLに平行に反射するが、表面での乱反射によって、散乱光が第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240に届く。よって、マイクロコンピュータ250は、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240からの出力が高レベルであるとして、この基板10に形成された半導体膜12は異常であると判定する。この判定結果に基づいて、搬送ロボット280は、この基板12を不良基板排出部290に送り込む。

【0057】これに対して、半導体膜12が適正に多結晶化していると、その表面には微細な凹凸が形成されるだけであるので、一部の光は装置光軸MLに平行に反射するし、一部の光は半導体膜12の表面で散乱し、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240によって受光されることになる。それ故、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240によって受光されることになる。よって、マイクロコンピュータ250は、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240からの出力がいずれもある範囲内にあるとして、この基板10に形成された半導体膜12は正常であると判定する。この判定結果に基づいて、搬送ロボット280は、この基板12をカセットアンローダー部272に送り込む。そして、カセットアンローダー部に送り込まれた基板10のみが後工程に回される。

【0058】また、レーザ光源220から2種類の波長が出力可能であれば、波長による散乱光の差から半導体膜の凹凸の大きさをより精度良く判定できる。

【0059】さらに、本形態では、光源はレーザ光源220だけであるが、基板10の面内で直交する2方向で散乱光を受光する2つの受光器（第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240）が配置されているので、2方向から散乱光を受光する。また、基板10はX-Yステージ210上に載置され、このX-Yステージ210をY軸方向に移動させて、レーザ光源220からの基板10に対する照射領域を移動させると、基板10の全面に対して上記の検査を行うことができる。従って、基板10の全面に対して半導体膜12の結晶状態を把握することができる。また、マイクロコンピュータ

250において、X-Yステージ210の移動と第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240からの出力とを対応させてメモリに記憶させておけば、基板10の面内で直交する2方向における散乱光の変化、および半導体膜12の結晶状態の面内分布を得ることができる。ここで、第2の散乱光受光器240が基板10からの散乱光を受光するのはY-Z面内であり、レーザアニール時のラインビームの移動方向（副走査方向）に相当する。従って、アニール工程において前回のラインビームの照射領域と今回のラインビームの照射領域とが部分的に重なっているときには、図3（B）に示すように、このY軸方向で半導体膜12の膜質が周期的に変化する。たとえば、ラインビームをY方向で部分的に重なるようにアニール処理を行った場合には、このY方向において、ラインビームが重ねて照射された部分では、厳しい条件下でアニールされることになるので、半導体膜12の膜質は周期的に変化する。すなわち、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240の受光量はY方向に沿って周期的に変化する。それ故、半導体膜12の表面粗さの面内分布を求めることができ、この面内分布が小さいほど、結晶性の半導体膜12の表面粗さが均一であると判定することができる。特に、基板10の面内で直交する2方向において散乱光の強度差が小さいほど多結晶性の半導体膜12の表面粗さが均一であると判定することができる。

【0060】また、マイクロコンピュータ250において、X-Yステージ210の移動と第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240からの出力とを対応させてメモリに記憶させておけば、基板10のX軸方向およびY軸方向における散乱光の光量変化（結晶状態）を例えば第1の実施例で詳細を述べたようにフーリエ成分を解析するような手法によって定量化することもできる。このような定量的な解析を行えば、それ以前の工程に対して工程状態を定量的にフィードバックできるとともに、半導体膜12に異常が発生する原因を追究するためのデータとして利用できる。

【0061】このように本形態の検査装置200によれば、TFTなどの製造工程においてレーザアニールを行ったX-Yステージ210上に基板10を載置したまま、数秒から数分といった短時間のうちに非破壊で半導体膜12の膜質を評価することができる。従って、このような全数検査で良品と判定された基板10のみを後工程に回してTFTを製造していけば、異常な半導体膜12に対してTFTを作り込むという無駄な工程を行う必要がないので、TFTの製造コストを低減できる。また、良品と判定された半導体膜12のみを用いてTFTを製造するので、品質の安定したTFTを製造できる。よって、このような品質の安定したTFTを画素スイッチング用、あるいは駆動回路用に作り込んだアクティブマトリクス基板を用いれば、このアクティブマトリクス

基板を用いた液晶パネルでは、表示品位の向上および信頼性の向上を図ることができる。

【0062】また、本形態のレーザアニール・検査装置200はレーザアニール装置に対して検査装置200を組み込んだ構成になっているので、レーザ光源220や光学系をレーザアニール用および検査用としてそのまま共用できる。

【0063】なお、本形態のレーザアニール・検査装置200では、レーザ光源220をレーザアニール用および検査用として共用する構成であったが、それぞれ専用のレーザ光源を設けてもよい。また、膜質評価用の光源としては、レーザ光源に代えて、白色の平行光を出射する光源を用い、かつ、受光器としてCCDカメラを用いて、波長領域毎の受光量を検出してもよい。さらに、本形態のレーザアニール・検査装置200では、X-Yステージ210についてもレーザアニール用および検査用として共用する構成であったが、それぞれ専用のX-Yステージを設けてもよい。この場合に、レーザアニール用のX-Yステージ（第1のステージ）については真空チャンバー内に配置する必要がある。これに対して、検査用のX-Yステージ（第2のステージ）については、真空チャンバー外に配置してもよく、また、検査用のX-Yステージ（第2のステージ）については、レーザアニール後の基板10を冷却するための冷却機構を内蔵した冷却用ステージ（第2のステージ）として構成してもよい。

【0064】さらに、本形態のレーザアニール・検査装置200では、第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240からなる2つの受光器を設けたが、X-Yステージを90°回転させて2方向の検査を別々に行うのであれば、散乱光受光器が1つであってもよい。

【0065】さらにまた、本形態のレーザアニール・検査装置200では、レーザアニール中の散乱光を第1の散乱光受光器230および第2の散乱光受光器240によってモニターし、アニール条件などの監視に役立ててもよい。

【0066】〔TFTの製造方法〕図1に示すように形成した半導体膜12のうち、良品と判定された半導体膜12を備える基板10に対してTFTを作り込んでいく工程を簡単に説明する。

【0067】まず、図1（C）に示すように形成した多結晶性の半導体膜12の表面に、図12（A）に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いてレジストマスク22を形成し、この半導体膜12を、図12（B）に示すように、島状の半導体膜12にパターニングする。

【0068】次に、350℃以下の温度条件下で、基板10の全面にゲート絶縁膜13をプラズマCVD法により形成する。このときの原料ガスは、たとえばTEOSと酸素ガスとの混合ガスを用いることができる。。

【0069】次に、図12(C)に示すように、350℃以下の温度条件下で、基板10の全面にタンタル薄膜等の導電膜21をスパッタ法等により形成する。

【0070】次に、図12(D)に示すように、導電膜21をフォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングし、ゲート絶縁膜13の表面にゲート電極15を形成する。

【0071】次に、ゲート電極15をマスクとして半導体膜12に対して、たとえばリンイオン（不純物イオン）を導入する。その結果、半導体膜12には、ゲート電極15に対して自己整合的にソース・ドレイン領域16が形成され、不純物イオンが導入されなかった部分はチャンネル領域17となる。このような不純物の導入には、たとえばバケット型質量非分離型のイオン注入装置（イオンドーピング装置）を用いることができ、原料ガスとしては、濃度が5%になるように水素ガスで希釈したホスフィン（ PH_3 ）を用いることができる。なお、Pチャンネル型のTFTを形成する場合には、原料ガスとして水素ガスで濃度が5%となるように希釈したジボラン（ B_2H_6 ）を用いればよい。

【0072】次に、図12(E)に示すように、350℃以下の温度条件下で、シリコン酸化膜からなる層間絶縁膜18をプラズマCVD法により形成する。このときの原料ガスも、たとえばTEOSと酸素ガスとの混合ガスを用いることができる。次に、酸素雰囲気下で300℃、1時間の熱処理を行ない、注入したリンイオンの活性化と層間絶縁膜18の改質とを行なう。

【0073】次に、コンタクトホール19を形成し、しかる後にこのコンタクトホール19を介してソース・ドレイン領域16に導電接続するソース・ドレイン電極20を形成する。このようにして基板10の表面にTFT30を形成する。

【0074】なお、TFT30を液晶表示パネルのアクティブマトリクスにおけるスイッチング素子として形成する場合には、ゲート電極15は走査線の一部として形成する。また、ソース・ドレイン電極20のうちの一方はデータ線として形成し、ソース・ドレイン電極20のうちの他方は、画素電極の一部として、またはそれと導電接続する電極として構成する。また、本例および、以下に説明するいずれの実施例もあくまで一例であり、ソース・ドレイン領域16のうち、ゲート電極15の端部に対峙する領域に低濃度領域やオフセット領域を設けてもよい。

【0075】このように構成したTFT30では、能動層として用いた多結晶性の半導体膜12がすでに膜質検査を受けて良品と判定されたものであるため、品質の安定したTFTを製造できる。よって、このような品質の安定したTFTを画素スイッチング用、あるいは駆動回路用に作り込んだアクティブマトリクス基板を用いれば、このアクティブマトリクス基板を用いた液晶パネル

において、表示品位の向上および信頼性の向上を図ることができる。

【0076】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、短時間のうちに非破壊で半導体膜の膜質を検査できるので、TFTの製造工程においてインラインで膜質の評価を行い、正常な膜質の多結晶性の半導体膜を形成した基板のみを後工程に回すことができる。それ故、TFTをスイッチング素子として用いた液晶パネルのアクティブマトリクス基板の歩留りおよび信頼性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)、(B)、(C)はそれぞれ、基板上に多結晶性の半導体膜を形成するまでの工程断面図である。

【図2】図1(C)に示す工程において、レーザアニールを行う方法を示す説明図である。

【図3】(A)～(C)はそれぞれ、基板上のアモルファス半導体膜にラインビームを用いてレーザアニールを行って得た多結晶性の半導体膜表面の様子を模式的に示す断面図、このレーザアニールを行った際のラインビームの長手方向（主走査方向）における多結晶性の半導体膜表面の荒れの変化を示す説明図、およびレーザアニールを行った際のラインビームの移動方向（副走査方向）における多結晶性の半導体膜表面の荒れの変化を示す説明図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係る多結晶性半導体膜の検査方法を実施する前に行うレーザアニール工程で使用するアニール装置の要部を模式的に示す斜視図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係る多結晶性半導体膜の検査方法を行うための検査装置の要部を模式的に示す斜視図である。

【図6】図5に示す検査装置の要部をY軸方向からみた側面図である。

【図7】図5に示す検査装置の要部をX軸方向からみた側面図である。

【図8】本発明の実施の形態2に係る多結晶性半導体膜の検査方法を行うためのレーザアニール・検査装置の要部を模式的に示すブロックである。

【図9】図8に示すレーザアニール・検査装置の光学系などを模式的に示す斜視図である。

【図10】図9に示すレーザアニール・検査装置の光学系をY軸方向からみた側面図である。

【図11】図9に示すレーザアニール・検査装置の光学系をX軸方向からみた側面図である。

【図12】(A)～(E)はそれぞれ、図1に示す方法で形成した多結晶性半導体膜からTFTを製造する方法を示す工程断面図である。

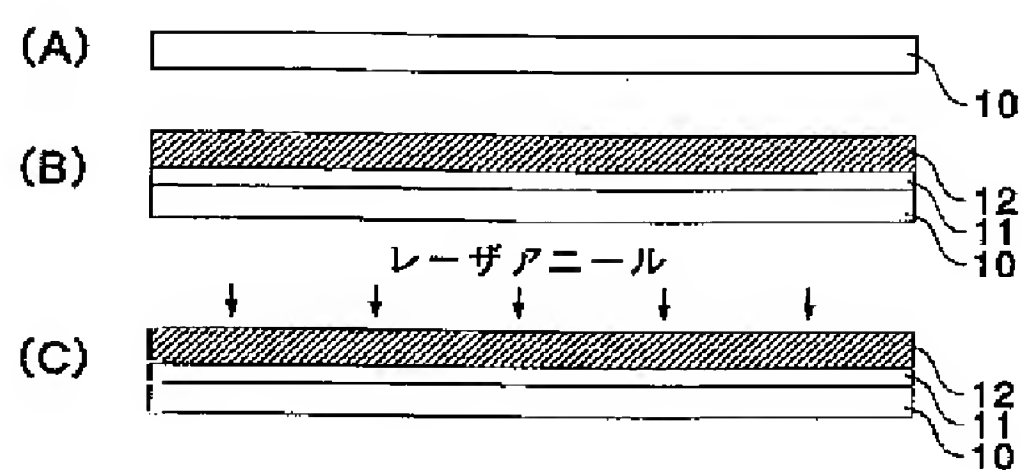
【符号の説明】

10・・・基板

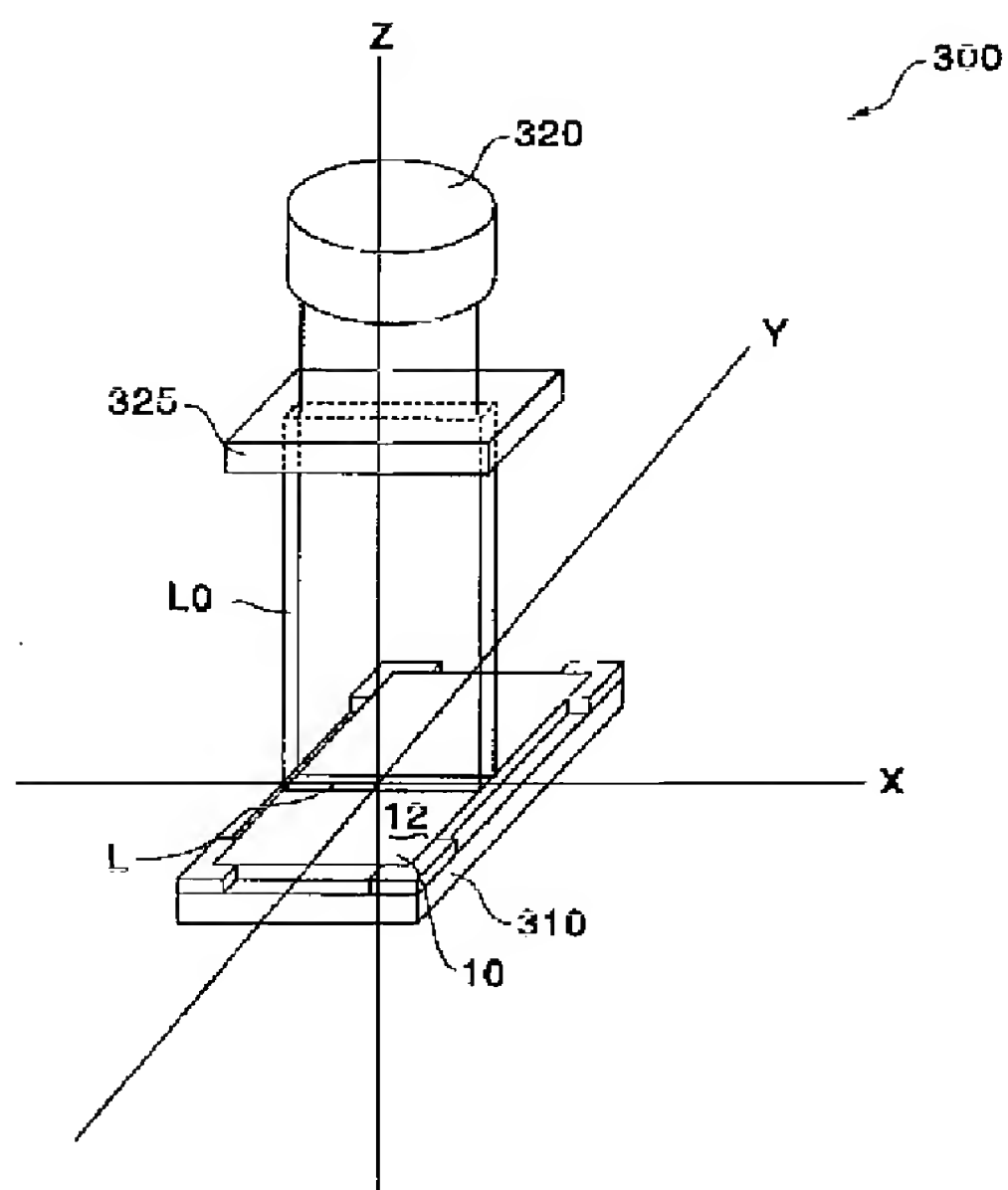
11・・・下地保護膜
12・・・半導体膜
13・・・ゲート絶縁膜
15・・・ゲート電極
16・・・ソース・ドレイン領域
17・・・チャネル領域
18・・・層間絶縁膜
19・・・コンタクトホール
20・・・ソース・ドレイン電極
21・・・導電膜
22・・・レジストマスク
30・・・TFT
100 検査装置
110、210 X-Yステージ
119、219 校正用サンプル
122 第1のオフセット照明用光源（膜質評価用光源）
123 第2のオフセット照明用光源（膜質評価用光

源）
160 CCDカメラ（受光器）
150、250 パーソナルコンピュータ（膜質判定手段）
200 レーザアニール・検査装置
209 真空チャンバー
230 第1の散乱光受光器
240 第2の散乱光受光器
271 カセットローダー部
272 カセットアンローダー部
280 搬送ロボット
290 不良基板排出部
300 アニール装置
310 X-Yステージ
320 レーザ光源
L ラインビームの照射領域
L0 ラインビーム

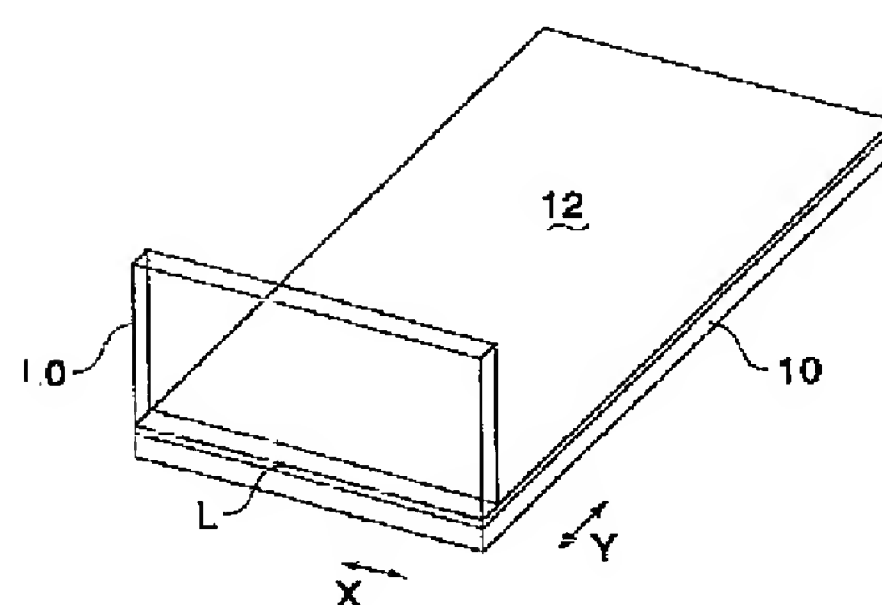
【図1】



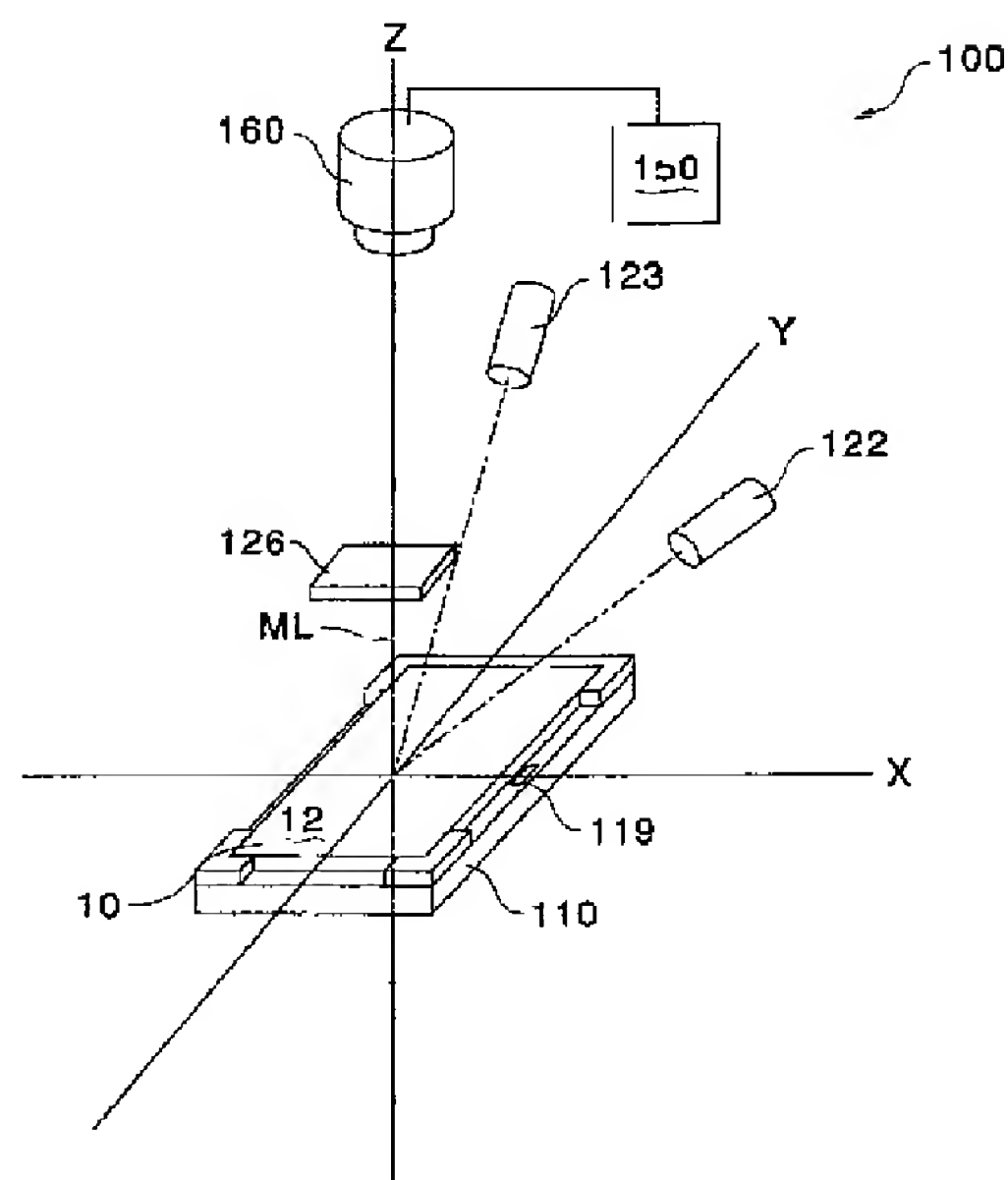
【図4】



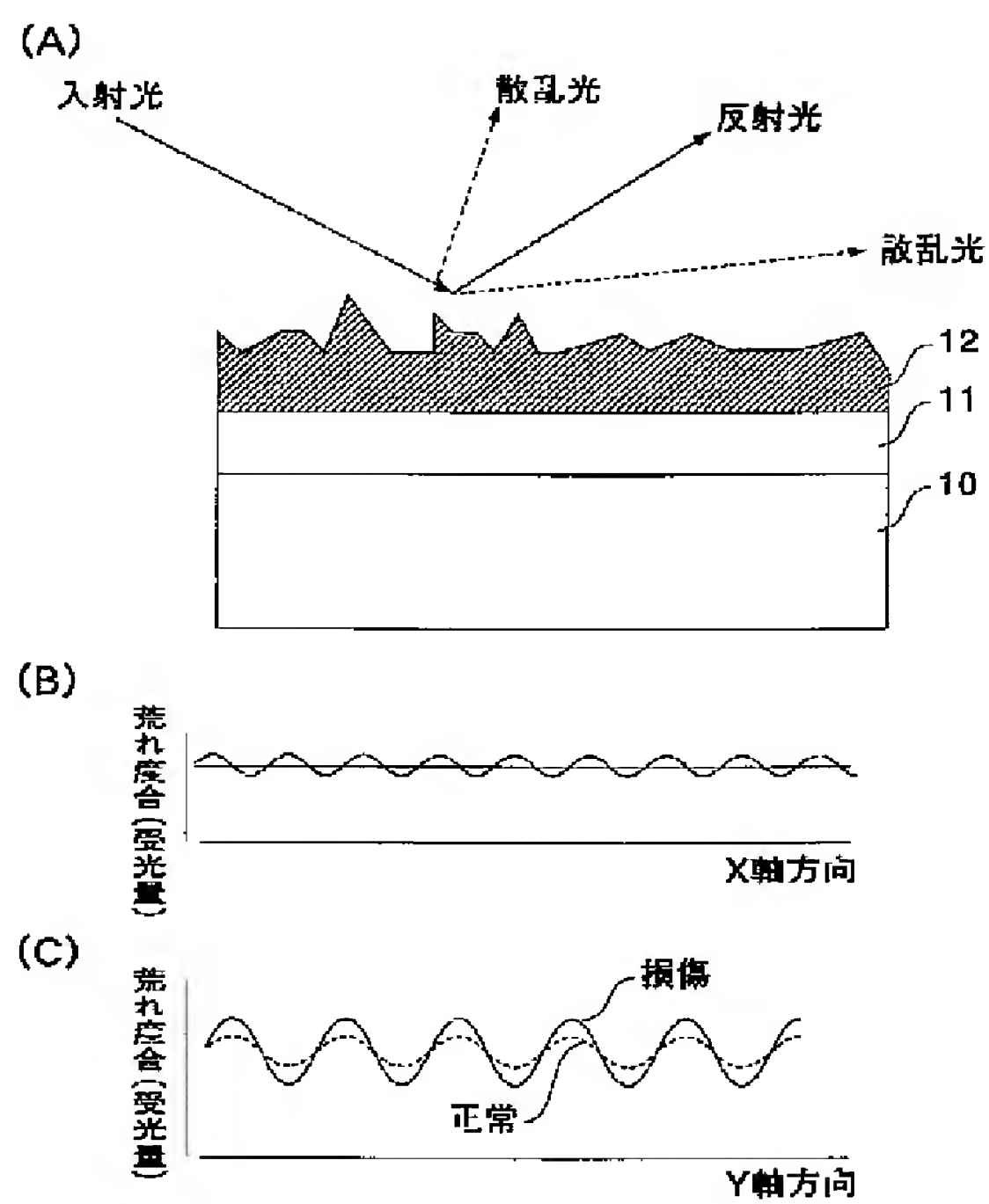
【図2】



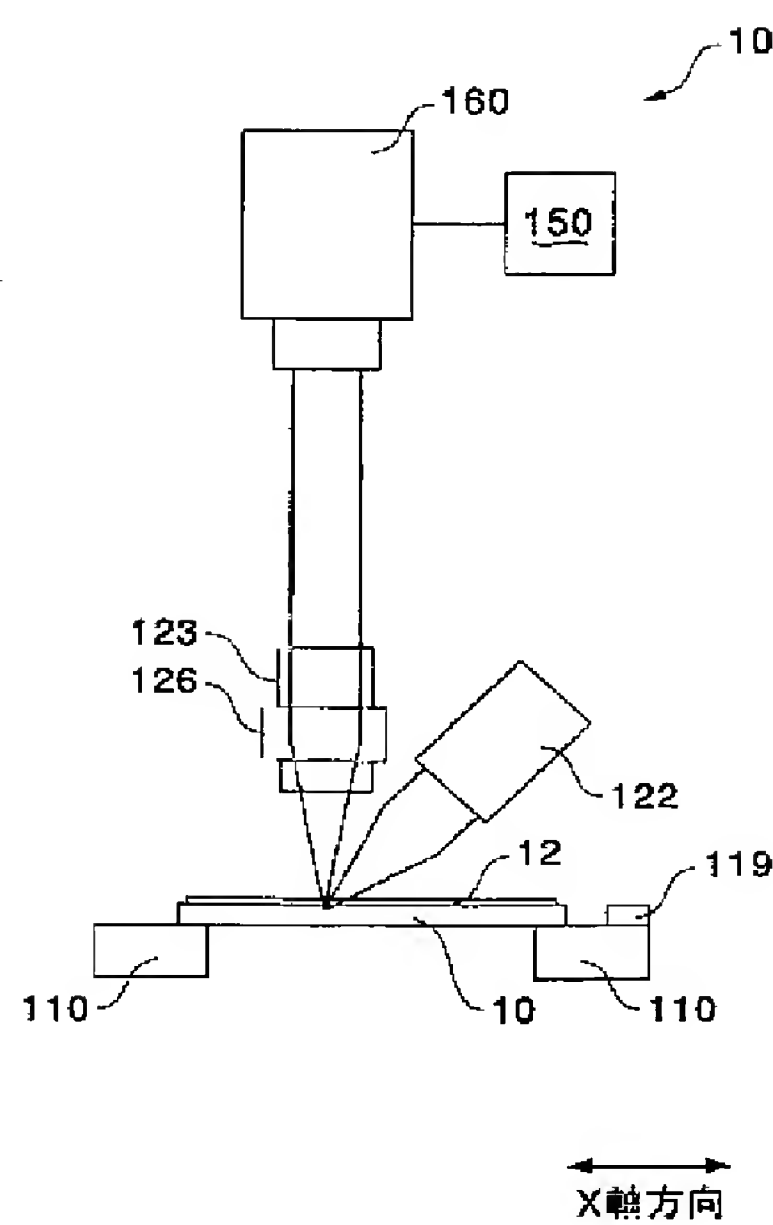
【図5】



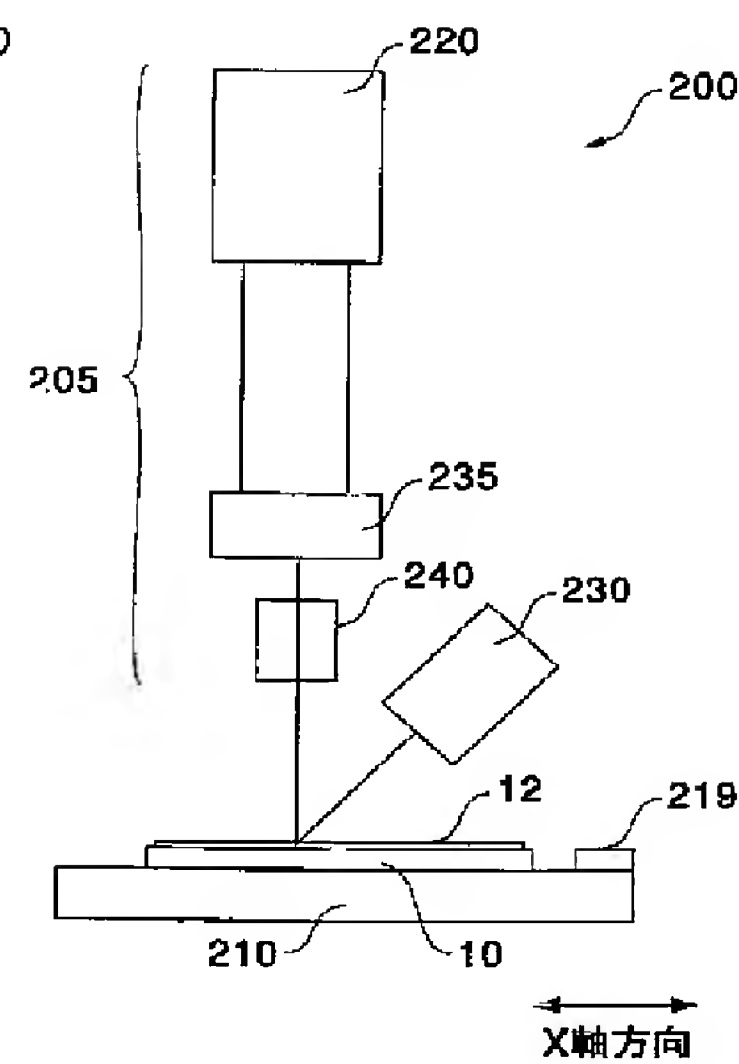
【図3】



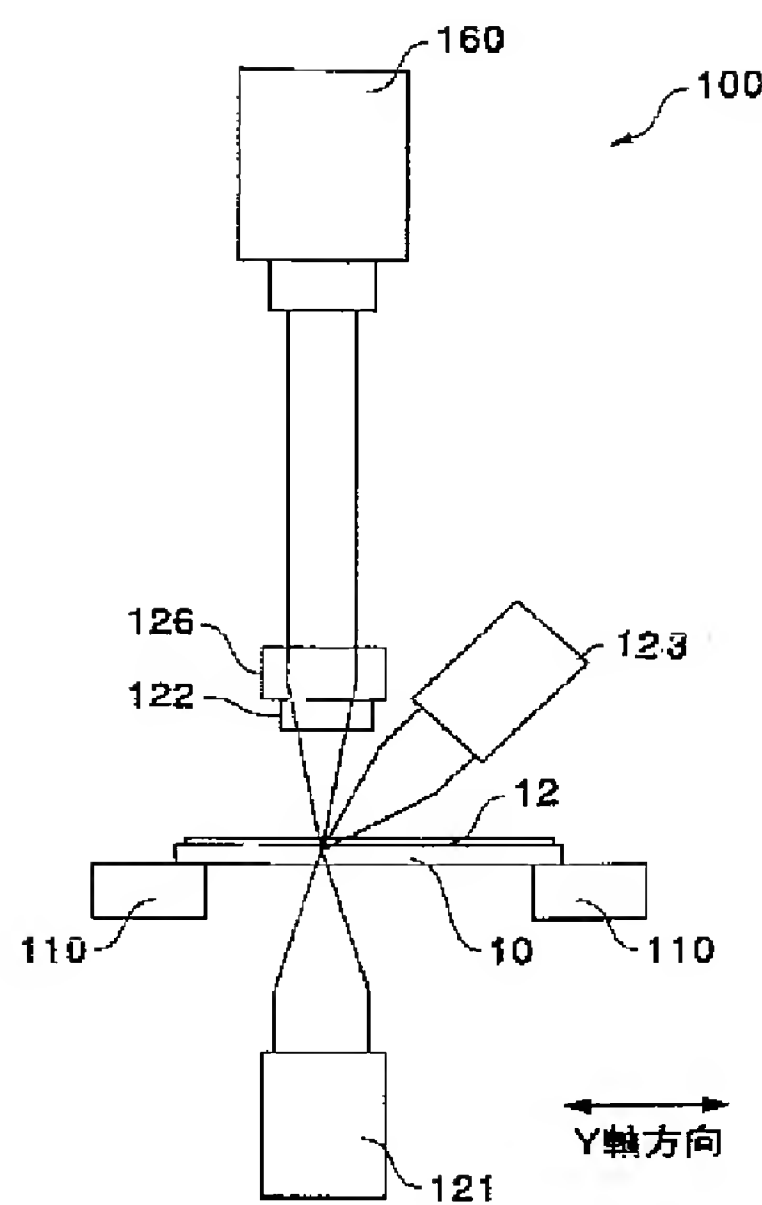
【図6】



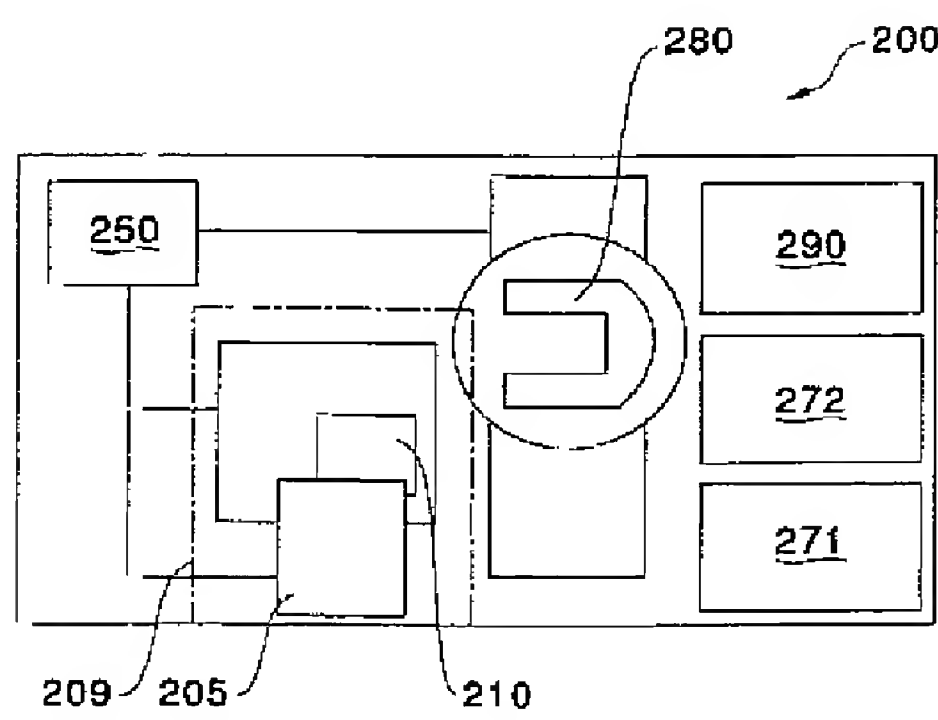
【図10】



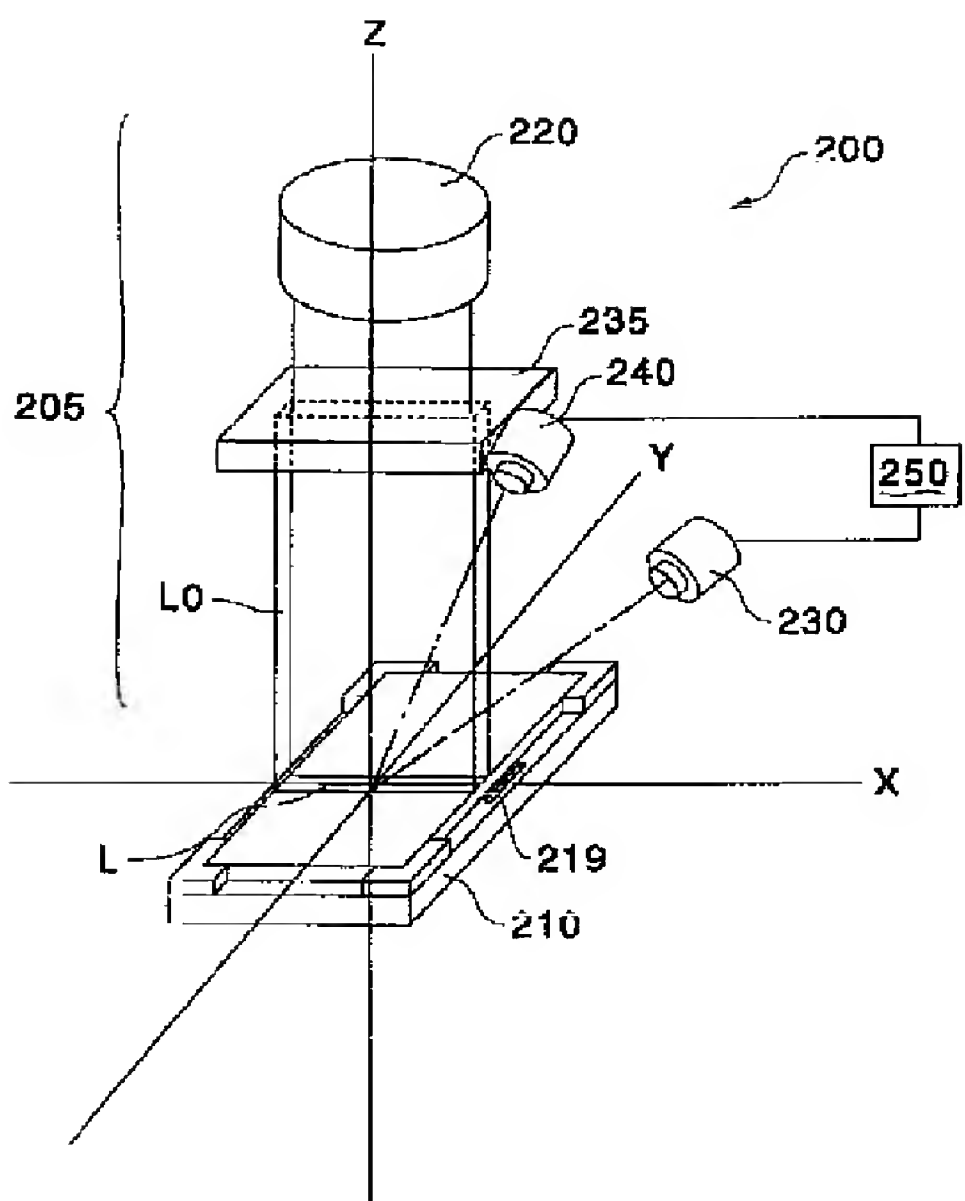
【図7】



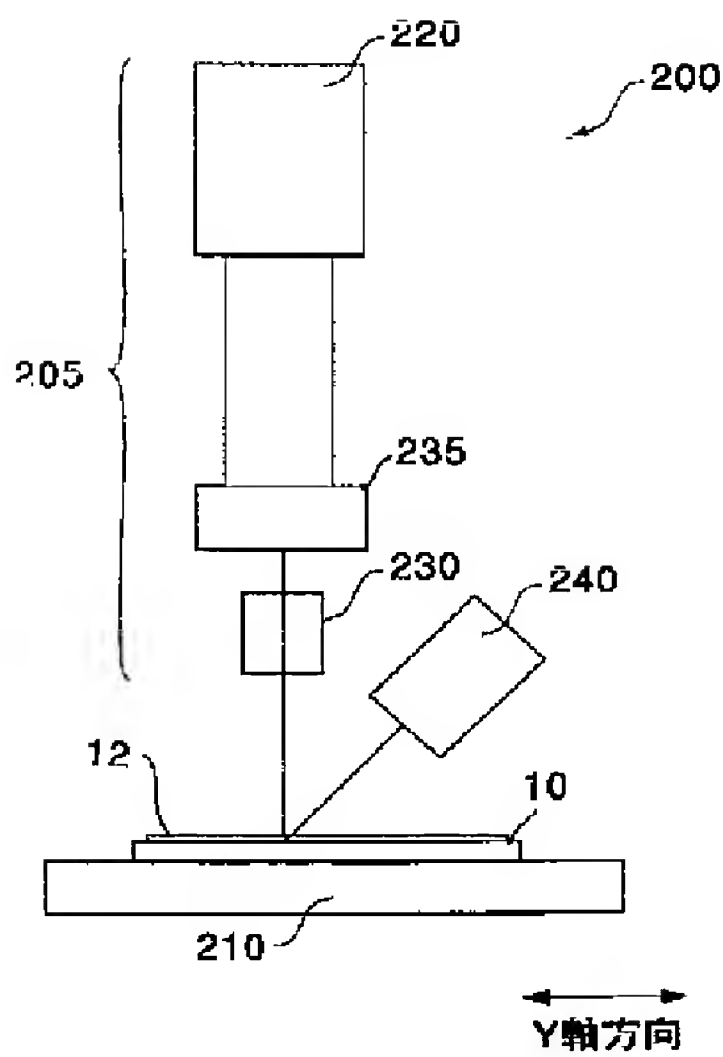
【図8】



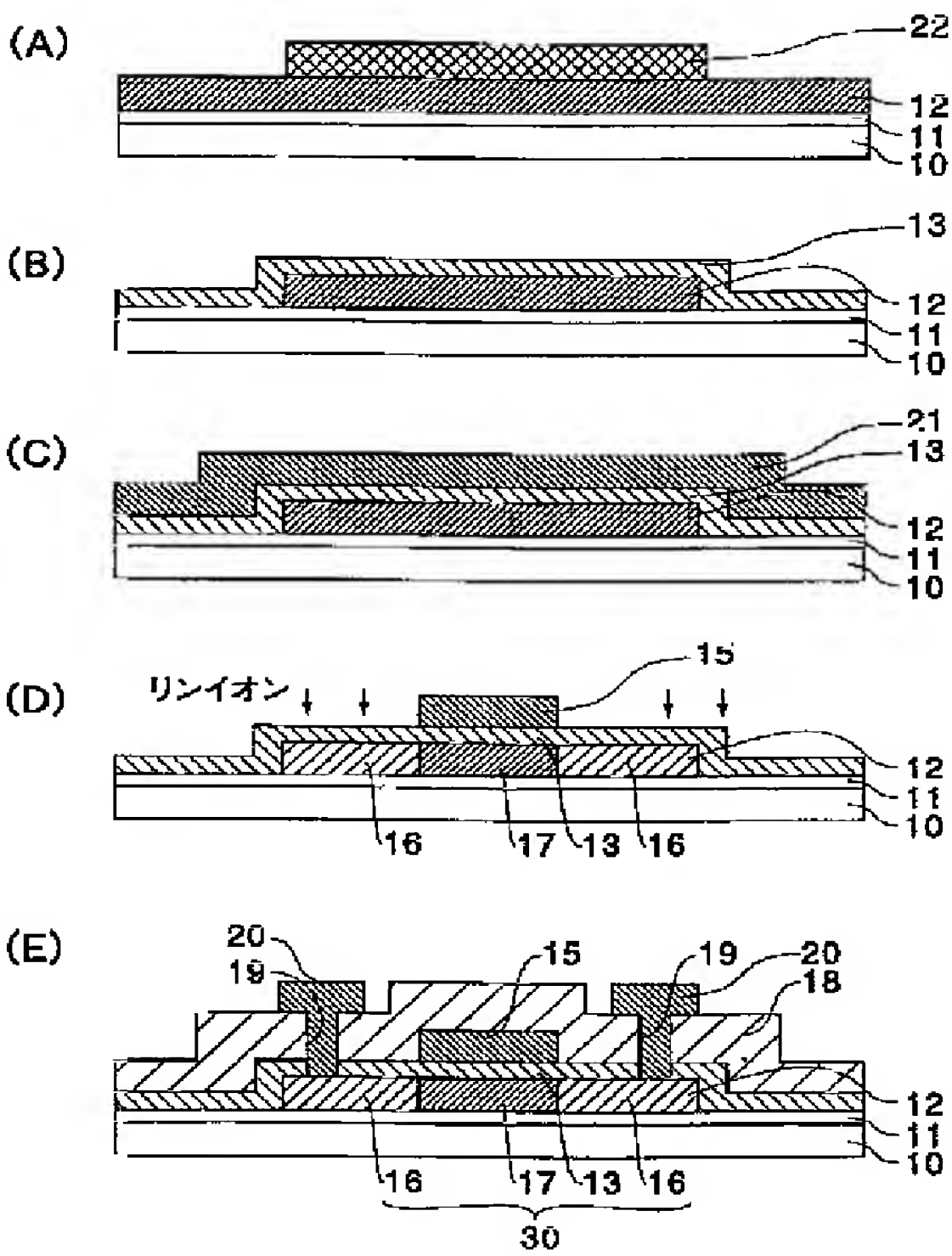
【図9】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	(参考)
G 0 2 F 1/1368		G 0 9 F 9/00	3 3 8 5 F 0 5 2
G 0 9 F 9/00	3 3 8		3 5 2 5 F 1 1 0
	3 5 2	H 0 1 L 21/20	5 G 4 3 5
H 0 1 L 21/20		G 0 2 F 1/136	5 0 0
29/786		H 0 1 L 29/78	6 2 4
21/336			6 2 7 G

F ターム(参考) 2F065 AA49 BB17 CC31 DD06 FF41
 FF61 GG04 GG23 GG24 HH04
 HH12 HH14 JJ00 JJ03 JJ05
 JJ08 JJ09 MM03 NN02 NN13
 PP12 QQ16 QQ23 QQ42 SS04
 SS09 TT03
 2G051 AA51 AA90 AB07 AB20 BA01
 BA08 BA10 BB01 BC06 CA03
 CA04 CA07 CB05 DA07 DA13
 EA11 EA17 EA30 EB01
 2H088 EA02 FA11 FA30 HA08 HA28
 MA16
 2H092 JA24 JB77 KA04 KA07 MA30
 MA55 NA29 NA30
 4M106 AA10 AB20 BA05 CA24 DB08
 DB12 DE11 DH12 DH32 DH38
 DJ04 DJ05 DJ21 DJ38
 5F052 AA02 BB07 DA02 DB03 JA01
 JA10
 5F110 AA24 BB01 CC02 DD02 DD13
 EE04 EE44 FF02 FF30 GG02
 GG13 GG25 GG45 HJ01 HJ12
 HJ23 HM14 HM15 NN02 NN23
 NN35 NN40 PP03 QQ09 QQ11
 5G435 AA14 AA17 BB12 EE33 KK05
 KK09 KK10

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-110861

(43)Date of publication of application : 20. 04. 2001

(51) Int. Cl.

H01L 21/66

G01B 11/30

G01N 21/956

G01N 21/958

G02F 1/13

G02F 1/1368

G09F 9/00

H01L 21/20

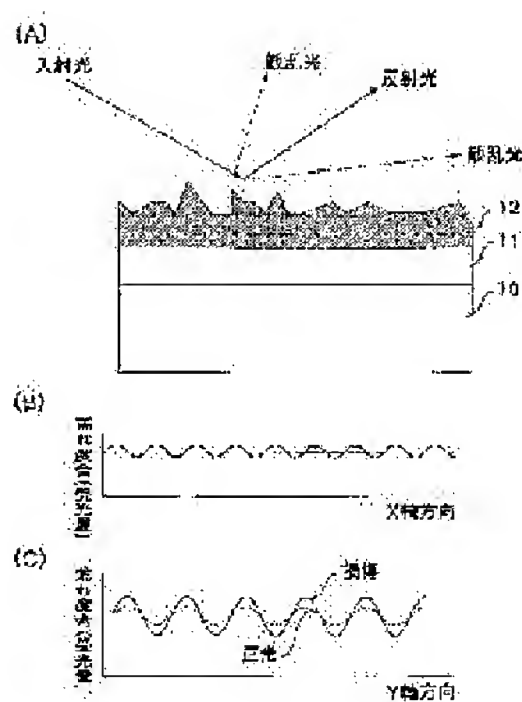
H01L 29/786

H01L 21/336

(21)Application number : 11-285589 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 06. 10. 1999 (72)Inventor : KOBASHI YUTAKA

(54) CHECK METHOD AND DEVICE OF SEMICONDUCTOR FILM, AND MANUFACTURING METHOD OF THIN FILM TRANSISTOR



(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a polycrystalline semiconductor film check method and a device capable of forwarding only a substrate where a polycrystalline semiconductor film of normal quality is formed to an after process in a TFT manufacturing process and a device of manufacturing TFTs, by a method wherein the surface conditions of the semiconductor film are checked through a non-destructive manner.

SOLUTION: If the surface of a polycrystalline semiconductor film 12 formed through laser annealing by a line beam is very rough, light is scattered by the surface of the semiconductor film 12 and detected when light impinges on the surface of the semiconductor film 12 at an angle of 45° . Therefore, when the output of scattered light is kept at a high level, it is judged that the surface of a semiconductor film 12 formed on a substrate 10 is high in roughness.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.02.2005

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of withdrawal
application other than the
examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for 14.02.2006
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by irradiating light with directivity on the front face of the semi-conductor film formed in the substrate, measuring the reinforcement of the scattered light from the semi-conductor film front face concerned, and judging the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film based on the reinforcement of this scattered light.

[Claim 2] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by light with said directivity being laser light in claim 1.

[Claim 3] Said semi-conductor film is the inspection approach of the semi-conductor film according to claim 1 to 2 characterized by being the film polycrystal-ized by irradiating laser light by the amorphous semiconductor film formed on said substrate.

[Claim 4] The exposure field of the laser light for polycrystal-izing said semi-conductor film in claim 3 is the inspection approach of the semi-conductor film characterized by being a rectangle long to an one direction, and being the film polycrystal-ized by polycrystal-izing by irradiating it being smaller than substrate area and scanning this laser light by fixed delivery width of face in the direction of laser light scanning.

[Claim 5] the reinforcement of the scattered light [in / in claim 1 thru/or either of 4, the reinforcement of said scattered light is measured for every predetermined wavelength field of the scattered light concerned, and / a short wavelength field], and a long wave -- the inspection approach of the semi-conductor film characterized by judging the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film based on the comparison of the reinforcement of the scattered light

in a long field.

[Claim 6] claim 5 -- setting -- said long wave -- the inspection approach of the semi-conductor film that reinforcement of the scattered light in a long field is characterized by judging with the irregularity of the front face of said semi-conductor film being large to the reinforcement of the scattered light in said short wavelength field when low.

[Claim 7] The inspection approach of the semi-conductor film which is made to carry out incidence of said laser light by the field inboard of said substrate in claim 2 thru/or either of 6, respectively about said direction of laser light scanning, and the direction which intersects perpendicularly with it, and is characterized by measuring separately the reinforcement of the scattered light from said semi-conductor film front face, and judging the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film based on the difference of the scattered light in the incident light of this 2-way on the strength.

[Claim 8] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by judging with the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film being isotropic in claim 7, so that the difference of said scattered light in the incident light of said 2-way on the strength is small.

[Claim 9] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by judging the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film based on claim 1 thru/or the difference [in / or is set someday, and the field interior division cloth on said substrate of the reinforcement of the scattered light from said semi-conductor film front face is measured, and / this field interior division cloth] of 8 on the strength.

[Claim 10] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by judging with the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film being uniform in a field in claim 9, so that the difference on the strength in said field interior division cloth is small.

[Claim 11] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by quantifying quantity of light change of the scattered light in an one direction at least among claim 9 thru/or the 2-way of the direction which sets or someday and intersects perpendicularly with the scanning direction of said laser, and it based on the measurement result of said scattered light of 10.

[Claim 12] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by the thing of said 2-way for which the concavo-convex

condition of the front face of the semi-conductor film is judged based on the sum of the absolute value of the complex fourier component in the predetermined periodic range at least, using the Fourier transform of a change of said scattered light in the either 1 direction on the strength as a means of said quantification in claim 11.

[Claim 13] The inspection approach of the semi-conductor film characterized by judging with a surface concavo-convex condition being large in claim 12, so that the sum of the absolute value of said complex fourier component in said predetermined frequency range is large.

[Claim 14] It is the inspection approach of the semi-conductor film characterized by including either of the periods to which said predetermined periodic range ~~is~~ said laser radiation delivery width-of-face period or said laser radiation delivery width of face integrally in claim 12 thru/or 13.

[Claim 15] The manufacture approach of the thin film transistor characterized by forming a thin film transistor, using the semi-conductor film judged as a surface concavo-convex condition being predetermined level within the limits by the inspection approach of the semi-conductor film specified to claim 1 thru/or either of 14 as an active layer.

[Claim 16] The light source for membraneous assessment which is test equipment of the semi-conductor film for enforcing the inspection approach of the semi-conductor film specified to claim 1 thru/or either of 14, and irradiates light with directivity on the semi-conductor film front face on said substrate, Test equipment of the semi-conductor film characterized by having the photodetector which detects the reinforcement of the scattered light in the location from which it separated from the direction as for which the light irradiated from this light source for membraneous assessment carries out specular reflection on said semi-conductor film front face, and a membraneous judging means to judge the surface irregularity condition of said semi-conductor film from the reinforcement of this scattered light.

[Claim 17] It is test equipment of the semi-conductor film characterized by having a means by which said light source for membraneous assessment is the light source which outputs the light which includes two kinds of wavelength regions below more than predetermined wavelength and predetermined wavelength at least in claim 16, and said photodetector measures the reinforcement for every specific wavelength field of said scattered light.

[Claim 18] It is test equipment of the semi-conductor film characterized by having the property that said light source for membraneous assessment

outputs selectively the light of at least two predetermined wavelength regions in claim 16.

[Claim 19] It is test equipment of the semi-conductor film characterized by said predetermined wavelength region being 400nm to 500nm in claims 17 or 18.

[Claim 20] It is test equipment of the semi-conductor film which is the laser light source which gives laser annealing as said light source for membraneous assessment in claim 16 thru/or either of 19 to the amorphous semi-conductor film formed on said substrate, and is characterized by using this laser light source for inspection of said semi-conductor film.

[Claim 21] Test equipment of the semi-conductor film characterized by having the laser light source for giving laser annealing separately from the light source for before membraneous assessment in claim 16 thru/or either of 19 to the amorphous semi-conductor film formed on said substrate.

[Claim 22] It is test equipment of the semi-conductor film which comes to have the stage in which said substrate is laid in claims 20 or 21, and is characterized by this stage coming to make the surface irregularity condition of the time of laser annealing, and said semi-conductor film serve a double purpose with the reinforcement of the scattered light at the time of inspection.

[Claim 23] It is test equipment of the semi-conductor film which has the 1st stage used at the time of laser annealing, and the 2nd stage which inspects the surface irregularity condition of said semi-conductor film with the reinforcement of the scattered light after laser annealing, and is characterized by equipping this 2nd stage with the cooling means for cooling the substrate after laser annealing as a stage in which said substrate is laid in claim 22.

[Claim 24] It is test equipment of the semi-conductor film characterized by being constituted so that the command signal for discharging the substrate concerned as a nonconformity article or the alarm of the purport whose substrate concerned is a nonconformity article may be emitted when said membraneous judging means judges the irregularity of said semi-conductor film in claim 16 thru/or either of 23.

[Claim 25] Test equipment of the semi-conductor film characterized by being arranged on the stage in which the sample equipped with the predetermined irregularity for performing proofreading of said light source and said photodetector in claim 16 thru/or either of 24 lays said substrate.

=====

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the inspection approach of the polycrystal nature semi-conductor film used for thin film transistor (henceforth TFT) manufacture etc., the manufacture approach of TFT using the semi-conductor film [finishing / inspection by this inspection approach], and the test equipment of the crystalline semi-conductor film.

[0002]

[Description of the Prior Art] In manufacturing TFT used as an active component of a liquid crystal display etc., it replaces with a quartz substrate, and a low-temperature process is being adopted so that a cheap glass substrate can be used. Generally, to the maximum temperature (maximum temperature which the whole substrate goes up simultaneously) of a process being less than about 600 degrees C, an elevated-temperature process will be about 800 degrees C or more, and, as for a low-temperature process, the maximum temperature (maximum temperature which the whole substrate goes up simultaneously) of a process performs the 700 degrees C - 1200 degrees C hot process of thermal oxidation of silicon etc.

[0003] After preparing the substrates 10, such as glass [which was defecated by ultrasonic cleaning etc.], as shown in drawing 1 (A) if an example of the manufacture approach of TFT using this low-temperature process is shown, the substrate protective coat 11 which substrate temperature becomes from the silicon oxide whose thickness is about 200nm all over a substrate 10 as shown in drawing 1 (B) under about 150 to about 450 degrees C temperature conditions is formed by the plasma-CVD method. Next, substrate temperature forms the semi-conductor film 12

which consists of amorphous silicon film whose thickness is 60nm by the plasma-CVD method all over a substrate 10 under about 150 to about 450 degrees C temperature conditions. Next, as shown in drawing 1 (C), a laser beam is irradiated to the semi-conductor film 12, and laser annealing is given.

[0004] At this laser annealing process, as shown in drawing 2, the exposure field L of a laser beam irradiates the line beam L0 (for example, line beam whose repeat frequency of a laser pulse is 200Hz) long in the direction of X at the semi-conductor film 12, and shifts that exposure field in the direction of Y, for example. Consequently, the semi-conductor film 12 of AMOFASU is fused once, and is crystallized through a cooling solidification process. In this case, the irradiation time of the laser beam to each field is very a short time, and to the whole substrate, since it is local, an exposure field is not simultaneously heated for the whole substrate by the elevated temperature, either. So, even if the glass substrate used as a substrate 10 is inferior in respect of thermal resistance as compared with the quartz substrate, deformation, a crack, etc. by heat do not produce it.

[0005] However, in case laser annealing is given to the amorphous semi-conductor film 12, when the laser energy consistency at the time of annealing is raised too much, the front face of the semi-conductor film 12 is ruined, and there is a trouble of it becoming impossible to use it for manufacture of TFT -- the gate withstand voltage of TFT falls. When the energy density at the time of laser annealing is weakened, crystallization does not progress but it becomes impossible but to use it for manufacture of TFT too. Moreover, also when the washing condition over substrate 10 and the semi-conductor film 12 is bad, the front face of the semi-conductor film 12 may be ruined. Therefore, if the membraneous quality of the semi-conductor film 12 after annealing can be inspected in the production process of TFT, since only that judged that is normal in the inspection result can be turned to an after process, the manufacturing cost of TFT can be reduced. However, in order to inspect with such in-line one, if it becomes by the approach of performing to the inside of a short time by un-destroying, it will not become. For this reason, the inspection approach by the Raman spectroscopy currently carried out to evaluating membraneous quality conventionally at a laboratory etc., the inspection approach by the ellipsometer, and the inspection approach using an atomic force microscope or a transmission electron microscope are not incorporable into a production process.

[0006] The technical problem of this invention then, by inspecting the

surface state of the semi-conductor film by un-destroying in production processes, such as TFT, in the inside of a short time The inspection approach of the polycrystal semi-conductor film which can turn only the substrate in which the polycrystal nature semi-conductor film of normal membraneous quality was formed to an after process in the production process of TFT etc., It is in offering the test equipment of the polycrystal nature semi-conductor film used for operation of the manufacture approaches of TFT which sorts out a substrate using this approach, and these approaches.

[0007]

[Means for Solving the Problem] According to the experiment which the invention-in-this-application person conducted repeatedly, as the breakage generated when crystallization processing of laser annealing etc. is performed to the amorphous semi-conductor film was shown in drawing 3 (A), the new knowledge that it could judge by whether big irregularity exists in the front face of the semi-conductor film was acquired. Moreover, although surface roughness is almost fixed in the direction of X as are shown in drawing 2 , and shown in drawing 3 (B) by the approach the exposure field L of a laser beam shifts the line beam L0 (for example, line beam whose repeat frequency of a laser pulse is 200Hz) long in the direction of X in the direction of Y Since surface roughness changed periodically in the direction of Y as shown in drawing 3 (C), the knowledge that it was required for canceling the anisotropy of such surface roughness to form reliable TFT in homogeneity was also acquired. Based on such new knowledge, it proposes turning only the substrate which evaluated the membraneous quality of the semi-conductor film and formed the semi-conductor film of the polycrystal nature of normal membraneous quality in the production process of TFT in the inside of a short time by un-destroying into production processes, such as TFT, to an after process by evaluating the following membraneous qualities by this invention.

[0008] In invention concerning this invention, light with directivity is irradiated on the front face of the semi-conductor film formed in the substrate, the reinforcement of the scattered light from the semi-conductor film front face concerned is measured, and it is characterized by judging the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film based on the reinforcement of this scattered light.

[0009] Since such an inspection approach can evaluate the membraneous quality of the semi-conductor film by un-destroying to the inside of a short time, it can evaluate membraneous quality by in-line one in the production process of TFT, and can turn only the substrate in which the

semi-conductor film of the polycrystal nature of normal membraneous quality was formed to an after process. So, the yield and dependability of a active-matrix substrate of the liquid crystal panel using TFT as a switching element improve. Moreover, it is characterized by light with directivity being laser light. Moreover, the semi-conductor film is characterized by being the film polycrystal-ized by irradiating laser light by the amorphous semiconductor film formed on the substrate.

[0010] Moreover, it is characterized by being the film polycrystal-ized by polycrystal-izing by irradiating the exposure field of the laser light for polycrystal-izing said semi-conductor film being a rectangle long to an one direction, and being smaller than substrate area, and scanning this laser light by fixed delivery width of face in the direction of laser light scanning.

[0011] moreover, the reinforcement of the scattered light [in / this invention measures the reinforcement of the scattered light for every predetermined wavelength field of the scattered light concerned, and / a short wavelength field] and a long wave -- based on the comparison of the reinforcement of the scattered light in a long field, the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film is judged. concrete -- said long wave -- to the reinforcement of the scattered light in said short wavelength field, reinforcement of the scattered light in a long field is characterized by judging with the irregularity of the front face of said semi-conductor film being large, when low. That is, since the distributed luminous intensity of a long wavelength field increases relatively so that the irregularity of the front face of the semi-conductor film is size, if the distributed luminous-intensity ratio for every wavelength field is also taken into consideration, more positive membraneous assessment can be performed. The wavelength of incident light may be changed as a means to measure the distributed light reinforcement for every wavelength field, and it is made to include two or more wavelength regions, and incident light may carry out the spectrum of the scattered light according to wavelength, and may measure it.

[0012] Moreover, this invention carries out incidence of the laser light by the field inboard of said substrate, respectively about said direction of laser light scanning, and the direction which intersects perpendicularly with it, and measures separately the reinforcement of the scattered light from said semi-conductor film front face, and it is characterized by judging the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film based on the difference of the scattered light in the incident light of this 2-way on the strength. Specifically,

it is characterized by judging with the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film being isotropic, so that the difference of said scattered light in the incident light of said 2-way on the strength is small. With the approach of giving annealing all over the semi-conductor film while shifting the exposure field of a line beam, it is the longitudinal direction (drawing 2 or the direction of X in drawing 3 .) of a line beam. hereafter, a main scanning direction is called -- the direction (being drawing 2 or the direction of Y in drawing 3 the specific direction according to claim 2.) to which it is moved the direction of the following and vertical scanning -- calling -- the concavo-convex condition on the front face of polycrystal is different. Namely, in the direction of vertical scanning to which a line beam is moved, since there is a temperature gradient as compared with a main scanning direction, a crystal tends to grow in this direction. For this reason, it becomes that from which the concavo-convex configuration also differed in the direction of vertical scanning, and the main scanning direction according to this. Therefore, it can judge with the surface irregularity condition of the polycrystal nature semi-conductor film being different direction-like, so that a difference on the strength is small in the incident light 2-way which goes direct.

[0013] Moreover, this invention measures the field interior division cloth on said substrate of the reinforcement of the scattered light from said semi-conductor film front face, and it is characterized by judging the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film based on the difference on the strength in this field interior division cloth. Specifically, it is characterized by judging with the concavo-convex condition of the front face of said semi-conductor film being uniform in a field, so that the difference on the strength in said field interior division cloth is small.

[0014] Moreover, it is characterized by quantifying quantity of light change of the scattered light in an one direction at least based on the measurement result of said scattered light among the 2-ways of the direction which intersects perpendicularly with the scanning direction of said laser, and it. By the approach of giving annealing all over the semi-conductor film while shifting the exposure field of the aforementioned line beam, concavo-convex distribution is different direction-like and it is easy to generate concavo-convex stripes-like distribution in said direction of vertical scanning in the lap part of a line beam as compared with said main scanning direction. For this reason, fluctuation of annealing conditions is measurable with a sufficient precision by judging whether distribution of the surface roughness in a

main scanning direction and the direction of vertical scanning is predetermined within the limits, respectively, or comparing each relatively.

[0015] Moreover, this invention is characterized by the thing of a 2-way for which the concavo-convex condition of the front face of the semiconductor film is judged based on the sum of the absolute value of the complex fourier component in the predetermined periodic range at least, using the Fourier transform of a change of said scattered light in the either 1 direction on the strength as a means of said quantification. Specifically, it is characterized by judging with a surface concavo-convex condition being large, so that the sum of the absolute value of said complex fourier component in said predetermined frequency range is large. Since the irregularity is correlated with the delivery pitch of a line beam and it has comparatively short periodicity in said direction of vertical scanning, the inclination for the absolute value of the fourier component of a comparatively short period to become large is shown. On the other hand, in a main scanning direction, since it has only comparatively long periodicity, if the fourier component equivalent to a suitable predetermined period strip is compared in a main scanning direction and the direction of vertical scanning, quantification of the different directivity of the irregularity will be attained. Of course, if these quantification is performed according to the wavelength region of the scattered light, in addition, it is effective. That is, the judgment to a precision is attained in the magnitude of the irregularity which appears periodically by comparing the fourier component of the predetermined periodic range of a low wavelength field with the fourier component in a tidal-wave length field.

[0016] Moreover, it is characterized by said predetermined periodic range containing either of the periods which ~~is~~(ed) said laser radiation delivery width-of-face period or said laser radiation delivery width of face integrally. Since the concavo-convex period of said direction of vertical scanning is in agreement with the delivery pitch and basic target of a laser beam, it is still more accurate by setting up a predetermined wavelength field in this way, and can judge an anisotropy.

[0017] Moreover, it is characterized by this invention forming a thin film transistor, using the polycrystal nature semi-conductor film judged as a surface concavo-convex condition being predetermined level within the limits by the inspection approach of the polycrystal nature semiconductor film as an active layer. The thin film transistor substrate excellent in homogeneity and dependability is stabilized by this, and it becomes producible.

[0018] And the light source for membraneous assessment which is test equipment of the polycrystal nature semi-conductor film for enforcing the inspection approach of the semi-conductor film, and irradiates a laser beam or parallel light on the polycrystal nature semi-conductor film front face on a substrate, The photodetector which detects the reinforcement of the scattered light in the location from which it separated from [in said polycrystal nature semi-conductor film front face of the light irradiated from this light source for membraneous assessment] the echo, When predetermined is out of range as for the reinforcement of this scattered light, field interior division cloth, the direction of vertical scanning, or a main scanning direction, irregularity of the front face of said polycrystal nature semi-conductor film is characterized by having a membraneous judging means to judge with it being unusual.

[0019] Moreover, said light source for membraneous assessment is the light source which outputs the light which includes two kinds of wavelength bands below more than predetermined wavelength and predetermined wavelength at least, and a photodetector is characterized by having the function which carries out the spectrum of the wavelength of said scattered light, and measures the reinforcement for every wavelength field. Thereby, the dispersion reinforcement of the light of a long wavelength region and a short wavelength region is measured, and the size of the irregularity of the semi-conductor film can be judged.

[0020] Said light source for membraneous assessment is the light source which outputs the light which includes two kinds of wavelength regions below more than predetermined wavelength and predetermined wavelength at least, and it is characterized by equipping said photodetector with a means to measure the reinforcement for every specific wavelength field of said scattered light. thereby -- a long wave -- measuring the scattered-light reinforcement at the time of long selection, and the scattered-light reinforcement at the time of short wavelength selection -- a long wave -- the dispersion reinforcement of the light of a long region and a short wavelength region is measured, and the size of the irregularity of the semi-conductor film can be judged.

[0021] As predetermined wavelength, it is characterized by using the wavelength of 400 to 500nm. According to the experiment of an invention-in-this-application person, there is no big difference about scattered-light reinforcement in a wavelength region 400 to 500nm or less at the substrate by which annealing was carried out on proper conditions, and the substrate which has the big irregularity by laser radiation energy having been too high etc., but it has a relative more big difference in

the wavelength region beyond this. Therefore, the condition of the irregularity of the semi-conductor film can be judged to accuracy.

[0022] This laser light source is characterized by being used in common as checking of said polycrystal nature semi-conductor film, and an object for laser annealing to said amorphous semiconductor film using the laser light source which can give laser annealing as said light source for membraneous assessment to the amorphous semi-conductor film formed on said substrate. Thereby, polycrystal-ized laser annealer and polycrystal semi-conductor film test equipment can be unified compactly and cheaply.

[0023] It is characterized by having the laser light source which can give laser annealing with said light source for membraneous assessment to the amorphous semi-conductor film formed on said substrate.

[0024] As a stage in which said substrate is laid, when using at the time of laser annealing, it is characterized by having the common stage which uses the surface roughness of said polycrystal nature semi-conductor film also at the time of any when inspecting with the reinforcement of the scattered light. Thereby, polycrystal [polycrystal-ized laser annealer-cum-] semi-conductor film test equipment can be made more compactly and cheap.

[0025] As a stage in which said substrate is laid, when using at the time of laser annealing, it has the 1st stage and the 2nd stage used when inspecting the surface roughness of said polycrystal nature semi-conductor film with the reinforcement of the scattered light after laser annealing, and this 2nd stage is characterized by having the cooling means for cooling the substrate after laser annealing.

[0026] When it judges with the front face of said membraneous judging means of said polycrystal nature semi-conductor film being ruined, it is characterized by being constituted so that the command signal for discharging the substrate concerned or the alarm of the purport whose substrate concerned is a nonconformity article may be emitted. This discharges promptly the substrate judged that is unusual in polycrystal semi-conductor inspection, and the TFT substrate excellent in dependability and homogeneity can be cheaply obtained by advancing to subsequent processes only the substrate judged that is normal. Moreover, it is also possible to urge him to notify a manufacturing installation and an operator of a result promptly, when it judges with it being unusual, to feed back to subsequent manufacture conditions or to maintain equipment.

[0027] It is characterized by arranging the sample equipped with the predetermined irregularity for performing proofreading of said light

source and said photodetector on a stage.

[0028]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0029] In order to manufacture TFT on the [manufacture approach of polycrystal nature semi-conductor film] glass substrate, it is necessary to form the semi-conductor film of polycrystal nature on a glass substrate first, without making a glass substrate transform. After preparing the substrates 10, such as a product made from alkali free glass defecated by ultrasonic cleaning etc., as shown in drawing 1 (A) in order to form the semi-conductor film of polycrystal under such constraint, the substrate protective coat 11 which substrate temperature becomes from the silicon oxide whose thickness is about 200nm all over a substrate 10 as shown in drawing 1 (B) under about 150 to about 450 degrees C temperature conditions is formed by the plasma-CVD method. As material gas at this time, the mixed gas of a mono silane and laughter gas, TEOS and oxygen or a disilane, and ammonia can be used, for example. In addition, as a substrate protective coat 12, insulator layers and those multilayers, such as a silicon nitride, can also be used. Next, substrate temperature forms the semi-conductor film 12 which consists of amorphous silicon film whose thickness is 60nm by the plasma-CVD method all over a substrate 10 under about 150 to about 450 degrees C temperature conditions. As material gas at this time, a disilane and a mono silane can be used, for example. In addition, similarly you may form using reduced pressure CVD or ordinary pressure CVD using a disilane etc. Next, as shown in drawing 1 (C), a laser beam is irradiated to the semi-conductor film 12, and laser annealing is given.

[0030] At this laser annealing process, as shown in drawing 2 , the exposure field L of a laser beam irradiates the line beam L0 (the repeat frequency of for example, a laser pulse is a line beam withHz [200], a die length [of a beam / of 200mm], and a width of face of 0.5mm) long in the direction of X (main scanning direction) at the semi-conductor film 12, for example. Consequently, the semi-conductor film 12 of AMOFASU is fused once, and is crystallized through a cooling solidification process. In this case, the irradiation time of the laser beam to each field is very a short time, and to the whole substrate, since it is local, an exposure field is not simultaneously heated for the whole substrate by the elevated temperature, either. So, although the glass substrate used as a substrate 10 is inferior in respect of thermal resistance as compared with a quartz substrate, deformation, a crack, etc. by heat do not arise.

[0031] Thus, about the formed semi-conductor film 12, as described above with reference to drawing 3 (A), it can inspect whether the breakage on the semi-conductor film's 12 having polycrystal-ized proper or a front face being ruined etc. has broken out by evaluating the surface state of the semi-conductor film 12. The inspection approach for that is explained below for every operation gestalt.

[0032] [Gestalt 1 of operation] drawing 4 is the perspective view showing typically the important section of the annealer used at the laser annealing process performed before enforcing the inspection approach of the polycrystal nature semi-conductor film concerning this gestalt. Drawing 5 is the perspective view showing typically the important section of the test equipment of the polycrystal nature semi-conductor film concerning this gestalt. Drawing 6 and drawing 7 are the side elevations which saw the test equipment of this gestalt the side elevation which saw the important section from Y shaft orientations, and from X, respectively.

[0033] Since the test equipment 100 of this gestalt is equipment only for inspection which inspects at a process other than a laser annealing process, it performs a laser annealing process with the annealer 300 shown in drawing 4 .

[0034] In the annealer 300 shown in this drawing 4 , it has outgoing radiation and the condensing optical system 325 as a line beam L0 towards the substrate 12 laid on the stage 310 in the laser beam by which outgoing radiation was carried out from X-Y stage 310 which lays the glass substrate 12 with which the semi-conductor film 12 which consists of amorphous silicon film was formed, a laser light source 320, and this laser light source 320. In the example shown here, since it has extended in the direction of X, in order to perform laser annealing all over a substrate 12, X-Y stage 310 will move in the direction of Y in the exposure field L of the line beam L0.

[0035] After performing laser annealing using such an annealer 300, the semi-conductor film 12 is inspected in the test equipment 100 shown in drawing 5 , drawing 6 , and drawing 7 .

[0036] X-Y stage 110 which lays the glass substrate 12 with which the semi-conductor film 12 of the polycrystal nature which finished the annealing process was formed in test equipment 100, and the objective lens 126 are arranged. Moreover, auto-focusing is performed when an objective lens 126 or X-Y stage 110 fluctuates in accordance with the equipment optical axis ML.

[0037] Furthermore, the 1st light source 122 (light source for membraneous assessment) for offset lighting which irradiates the white

light is arranged from the direction which accomplishes about 45-degree include angle of about 45 degrees mostly to a substrate 10 to the test equipment 100 of this gestalt on a Z-X flat surface. And the 2nd light source 123 (light source for membraneous assessment) for offset lighting which irradiates the white light is arranged from the direction which accomplishes about 45-degree include angle of about 45 degrees mostly to a substrate 10 on a Y-Z flat surface. Moreover, on the equipment optical axis ML, the color CCD (Coupled-Charge Device) camera 160 (electric eye) arranged to a substrate 10 at the sense of a vertical is arranged, and the detection result of this CCD camera 160 is outputted to a personal computer 150. The semi-conductor film 12 which formed this personal computer 150 in the substrate 10 based on the detection result of CCD camera 160 functions as normal (it has polycrystal-ized) or the thing they are [thing] abnormalities, or a membraneous judging means to judge (whether have not you polycrystal-ized or the front face is unusually ruined). Here, a membraneous judging means is realized by the actuation performed according to the program of operation beforehand stored in the personal computer 150. Moreover, a personal computer 150 also manages control of actuation control of X-Y stage 110 etc. Furthermore, a personal computer 150 performs automatic exchange of an objective lens 126, ON/OFF of the light source, the gain adjustment of CCD camera 160, etc. A personal computer 150 outputs the inspection result mentioned later to the host computer for production control etc. through a communication interface, and enables feedback to an annealer etc. further again.

[0038] Since the sample 119 for proofreading with predetermined irregularity is arranged on X-Y stage 110 here, a personal computer 150 Periodically, based on the request from an operator, make light irradiate to the sample 119 for proofreading from the 1st light source 122 for offset lighting, and the 2nd light source 123 for offset lighting, make the scattered light and reflected light receive with color CCD camera 160, and it is based on the result. The gain adjustment of CCD camera 160 etc. is proofread. And a personal computer 150 emits warning to that effect, when the light-receiving result of CCD camera 160 has shifted more than predetermined level in the case of this proofreading, and it is reported that the 1st light source 122 for offset lighting and the 2nd light source 123 for offset lighting are checked.

[0039] Thus, in the test equipment 100 of the semi-conductor film 12 of the constituted polycrystal nature, if the white light by which outgoing radiation was carried out as a parallel light from the 1st light source

122 for offset lighting is irradiated by the semi-conductor film 12 on a substrate 10, this light will be irradiated by the semi-conductor film 12 on a substrate 10 from the direction which makes about 45-degree include angle of about 45 degrees mostly to the equipment optical axis ML in a Z-X side. Here, the inside of a Z-X side is a longitudinal direction (main scanning direction) in the line beam L0 used for laser annealing shown in drawing 2 and drawing 3 .

[0040] When the semi-conductor film 12 has not fully polycrystal-ized, almost all light is reflected in the direction which makes about 45-degree include angle of about 45 degrees mostly to the equipment optical axis ML in a Z-X side. Therefore, the reflected light hardly reaches CCD camera 160 arranged on the equipment optical axis ML. So, a microcomputer 150 does not polycrystal-ize the semi-conductor film 12 formed in this substrate 10, but judges with it being unusual noting that the output from CCD camera 160 is a low.

[0041] moreover -- if the front face is greatly ruined in case the semi-conductor film 12 is polycrystal-ization -- a part of light -- the inside of a Z-X side -- setting -- the equipment optical axis ML -- receiving -- about -- although it reflects in the direction which makes about 45-degree include angle of about 45 degrees, with CCD camera 160, the color is separated according to RGB and the light which the light of a considerable amount was scattered about on the front face of the semi-conductor film 12, among those was scattered on the direction of the equipment optical axis ML is received. So, the scattered light will fully reach CCD camera 160. Therefore, it judges with the microcomputer 150 of the front face of the semi-conductor film 12 formed in this substrate 10 being unusually ruined noting that the output from CCD camera 160 is a high level.

[0042] On the other hand, if the semi-conductor film 12 has polycrystal-ized proper, since detailed irregularity will only be formed in the front face, the light which a part of light was reflected in the direction which makes the include angle of about 45 degrees to the equipment optical axis ML in a Z-X side, and a part of light was scattered about on the front face of the semi-conductor film 12, among those was scattered on the direction of the equipment optical axis ML is received with CCD camera 160. So, the scattered light of the predetermined quantity of light will reach CCD camera 160. Therefore, it judges with a microcomputer 150 being normal noting that there is within limits with the proper output from CCD camera 160. [of the semi-conductor film 12 formed in this substrate 10]

[0043] Moreover, in test equipment 100, if the white light by which

outgoing radiation was carried out from the 2nd light source 123 for offset lighting is irradiated by the semi-conductor film 12 on a substrate 10, this light will be irradiated by the semi-conductor film 12 on a substrate 10 from the direction which makes the include angle of about 45 degrees to the equipment optical axis ML in a Y-Z side. Here, the inside of a Y-Z side is the cross direction (the direction of vertical scanning which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of the line beam 10) in the line beam 10 used for laser annealing. Thus, when the white light by which outgoing radiation was carried out from the 2nd light source 123 for offset lighting is irradiated by the semi-conductor film 12 on a substrate 10, the scattered-light reinforcement according to the condition of the semi-conductor film is obtained similarly, but when it is different direction-like [the concavo-convex configuration on the surface semi-conductor film 12], the reinforcement of the scattered light differs from the case where the 1st light source 122 for offset lighting is used. Therefore, when the difference in scattered-light reinforcement is large, it judges with the different direction-dry area having produced the microcomputer 150 on the semi-conductor film 12.

[0044] Moreover, in this gestalt, CCD camera 160 detects the quantity of light for every wavelength field equivalent to red (R), green (G), and blue (B). If the irregularity formed in the front face of the semi-conductor film 12 among the light of the wavelength field equivalent to these three primary colors is detailed, many light of a short wavelength field (blue/B) is contained in the scattered light. on the other hand -- if the irregularity formed in the front face of the semi-conductor film 12 is large -- the scattered light -- short wavelength field (blue/B) brightness -- a long wave -- the numeric value which *(ed) the quantity of light of a long field (red/R) becomes large compared with the time when irregularity is small relatively. So, a microcomputer 150 is set from CCD camera 160 to an output. fixed within the limits with the light-receiving level of the scattered light in CCD camera 160 -- it is -- and the light income of a short wavelength field (blue/B), a medium wave length field (green/G), and a long wave, when the light income of a long field (red/R) is contrasted From a ratio with the fixed light income of a low wavelength field (blue/B), when it is size, it judges with the semi-conductor film 12 formed in the substrate 10 being normal. Thus, if constituted, since not only the quantity of light of the scattered light but the wavelength field of the light contained in it can be taken into consideration and the semi-conductor film 12 can be evaluated, the quality of the semi-conductor film 12 can be inspected

more to accuracy.

[0045] Furthermore, with this gestalt, although an electric eye is only CCD camera 160, the two light sources for membraneous assessment (the 1st light source 122 for offset lighting and 2nd light source 123 for offset lighting) which carry out outgoing radiation of the white light which consists of parallel light from the 2-way which intersects perpendicularly in the field of a substrate 10 are arranged. Moreover, if a substrate 10 is laid on X-Y stage 110, this X-Y stage 110 is moved to X shaft orientations and Y shaft orientations and the exposure field to the substrate 10 from the 1st light source 122 for offset lighting and the 2nd light source 123 for offset lighting is moved, the above-mentioned inspection can be conducted to the whole surface of a substrate 10. Therefore, the crystallized state of the semi-conductor film 12 can be grasped to the whole surface of a substrate 10. Moreover, in a microcomputer 150, if each pixel output and coordinate from CCD camera 160 are made to correspond and memory is made to memorize, the field interior division cloth of change of the scattered light in the 2-way which intersects perpendicularly in a CCD image side, and the crystallized state of the semi-conductor film 12 can be obtained. Here, the white light by which outgoing radiation was carried out from the 2nd light source 123 for offset lighting is irradiated the inside of a Y-Z side by the semi-conductor film 12 on a substrate 10, and it corresponds in the migration direction (the direction of vertical scanning) of the line beam at the time of laser annealing. Therefore, when the exposure field of the last line beam and the exposure field of this line beam have lapped selectively in the annealing process, as shown in drawing 3 (B), the membraneous quality of the semi-conductor film 12 changes periodically by these Y shaft orientations. For example, in this direction of Y, when annealing treatment is performed so that a line beam may be selectively lapped in the direction of Y, since annealing will be carried out under severe conditions, by the part in which the line beam was irradiated in piles, the membraneous quality of the semi-conductor film 12 changes periodically in the delivery pitch to the direction of vertical scanning of a beam. That is, the light income of CCD camera 160 changes periodically along the direction of Y. What is necessary is just to carry out the Fourier transform of the image of a CCD camera in the direction of vertical scanning, in order to quantify this periodicity. For example, suppose that the image of the 256 micron angle of visual fields is stored with the resolution of 256x256 pixels. First, one line is averaged in a main scanning direction, and it changes to 256 sequence of numberses (a0, a1, a2, ..., a255), and stores as a

distribution sequence of numbers of the brightness in the direction of vertical scanning. This is changed into real number discrete Fourier transform AK , i.e., the complex sequence expressed with $AK = \sum_{j=0}^{N-1} a_j e^{-2\pi i j k / N}$ (from $j=0$ to $N-1$). Although you may only harmonize $|AK|$ in [all] $K=1-128$ here, if its attention is paid to the delivery pitch of the laser in the direction of vertical scanning, it can quantify with a still more sufficient precision.

[0046] That is, if the delivery pitch of the direction of vertical scanning of laser is 50 microns since $|AK|$ expresses the periodic component of a $256/k$ micron pitch for example, $|AK|$ before and behind $k=5$ expresses the strength of the concavo-convex period in the delivery pitch of laser, and this value will become large when the periodic irregularity by the laser pitch has appeared strongly. Moreover, the same is said of values, such as $|A_{2k}|$, $|A_{3k}|$, and ..., as this harmonic content. Since it is a discrete sequence of numbers, $|AK|$ is $K=5$, and 10 and 15 here... If $|AK|$ of order is harmonized in the fixed range, in addition, it is accurate.

[0047] It can ask for the period spectrum of the surface roughness of the semi-conductor film 12 by such processing, and it can judge with the surface roughness of the crystalline semi-conductor film 12 being uniform, so that this periodic distribution component is small. On the other hand, such a periodic component does not appear with a natural thing in a main scanning direction.

[0048] Thus, according to the test equipment 100 of this gestalt, un-destroying can estimate the membranous quality of the semi-conductor film 12 from several seconds quantitatively to the inside of a short time of several minutes in production processes, such as TFT. Therefore, if only the substrate 10 judged by such total inspection to be an excellent article is turned to an after process and TFT is manufactured, since it is not necessary to perform the useless process of making TFT to the unusual semi-conductor film 12, the manufacturing cost of TFT can be reduced. Moreover, since TFT is manufactured only using the semi-conductor film 12 judged to be an excellent article, TFT by which quality was stabilized can be manufactured. Therefore, if the active-matrix substrate which made TFT by which such quality was stabilized in the object for pixel switching or actuation circuits is used, in the liquid crystal panel using this active-matrix substrate, improvement in display grace and improvement in dependability can be aimed at.

[0049] [Gestalt 2 of operation] drawing 8 is the block diagram showing typically the important section of the laser annealing and the test equipment 200 of the polycrystal nature semi-conductor film concerning

this gestalt. Drawing 9 is the perspective view showing typically the optical system of the laser annealing and the test equipment 200 of the polycrystal nature semi-conductor film concerning this gestalt etc. Drawing 10 and drawing 11 are the side elevation which saw the optical system of the laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt from Y shaft orientations, and the side elevation seen from X, respectively.

[0050] In drawing 8, laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt constitute test equipment 200 to the annealer 300 so that a laser annealing process and an inspection process can be continuously performed within the same equipment. namely, in laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt It is on a cassette (it does not illustrate.) about the substrate 10 which finished forming the amorphous semi-conductor film. The cassette loader section 271 for supplying two or more sheets in equipment, carried, The cassette unloader section 272 which contains the substrate 10 judged at the result of inspection to be an excellent article, The defect substrate blowdown section 290 for discharging the substrate 10 with which it judged that the semi-conductor film 12 is unusual, X-Y stage 210 to which one substrate is supplied at a time by the carrier robot 280 from the cassette loader section 271, The optical-system section 205 which conducts laser annealing and optical inspection is constituted, and each of control of this optical-system section 205, control of a stage 210, and control of a carrier robot 280 is controlled by the microcomputer 250. Here, the optical-system section 205 is arranged in the vacuum chamber 209.

[0051] In this laser annealing and test equipment 200, in the optical-system section 205, as shown in drawing 9, drawing 10, and drawing 11, it has outgoing radiation and the condensing optical system 235 as a line beam towards the substrate 12 laid on the stage 210 in the laser beam by which outgoing radiation was carried out from X-Y stage 210 which lays the glass substrate 12 with which the semi-conductor film 12 was formed, a laser light source 220, and this laser light source 220. In the example shown here, since it has extended in the direction of X, in order to perform laser annealing all over a substrate 12, X-Y stage 210 will move in the direction of Y in the exposure field of a line beam.

[0052] Moreover, the 1st scattered-light electric eye 230 for receiving the scattered light reflected at the include angle of about 45 degrees from a substrate 10 on a Z-X flat surface and the 2nd scattered-light electric eye 240 for receiving the scattered light reflected at the include angle of about 45 degrees from a substrate 10 on a Z-X flat surface are arranged at the optical-system section 205. Here, it

consists of the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 so that the output of a light-receiving result may be performed to a microcomputer 250. This personal computer 250 functions as whether laser annealing of the semi-conductor film 12 formed in the substrate 10 having been carried out to normal (it having polycrystal-ized) based on the detection result of the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 or laser annealing was suitable for, and a membranous judging means to judge (whether has not it polycrystal-ized or is damaged). Such a membranous judging means is realized by the actuation performed according to the program of operation beforehand stored in the personal computer 250. Moreover, when it judges that the semi-conductor film 12 is unusual by the inspection process mentioned later, the microcomputer 250 is set up so that warning to that effect may be emitted.

[0053] Since the sample 219 for proofreading with predetermined irregularity is arranged on X-Y stage 210 here, a personal computer 250 The laser beam from a laser light source 220 is made to irradiate to the sample 219 for proofreading based on the request from an operator periodically. The scattered light is made to receive by the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240, and sensitivity settling of the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 etc. is proofread based on the result. And a personal computer 150 emits warning to that effect, when the light-receiving result of the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 has shifted more than predetermined level in the case of this proofreading, and it is reported that a laser light source 220 is checked.

[0054] Thus, in constituted laser annealing and the test equipment 200, after one substrate 10 in which the amorphous semi-conductor film 12 was formed from the cassette loader section 271 by the carrier robot 280 is taken out first, a carrier robot 280 rotates and a substrate 10 is laid on X-Y stage 210 in a chamber 209. Then, after vacuum suction of the chamber 209 is carried out, a line beam is irradiated towards the semi-conductor film 12 on a substrate 12 from a laser light source 220. Here, since the exposure field of a line beam has extended in the direction of X, in order to perform laser annealing all over a substrate 12, X-Y stage 210 moves in the direction of Y.

[0055] Thus, after performing a laser annealing process, the semi-conductor film 12 is inspected on same X-Y stage 210. Outgoing radiation of the laser beam of the low power of extent from which the semi-conductor film 12 does not start recrystallization is carried out to it

towards the substrate 12 laid on the stage 210 from a laser light source 220. Consequently, when the semi-conductor film 12 on a substrate 10 has not fully polycrystal-ized, almost all light is reflected [the equipment optical axis ML] in a Z-X side at parallel. Therefore, the reflected light hardly reaches the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240. So, it judges with the microcomputer 250 of the semi-conductor film 12 formed in this substrate 10 being unusual noting that the output of the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 is a low. Based on this judgment result, a carrier robot 280 sends this substrate 12 into the defect substrate blowdown section 290.

[0056] Moreover, although a part of light will be reflected in parallel at the equipment optical axis ML if it is damaged in case the semi-conductor film 12 is polycrystal-ization, the scattered light reaches the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 by the scattered reflection in a front face. Therefore, it judges with the microcomputer 250 of the semi-conductor film 12 formed in this substrate 10 being unusual noting that the output from the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 is a high level. Based on this judgment result, a carrier robot 280 sends this substrate 12 into the defect substrate blowdown section 290.

[0057] On the other hand, if the semi-conductor film 12 has polycrystal-ized proper, since detailed irregularity will only be formed in the front face, a part of light is reflected in parallel at the equipment optical axis ML, and a part of light will be scattered about on the front face of the semi-conductor film 12, and will be received by the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240. So, light will be received by the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240. Therefore, it judges with a microcomputer 250 being normal noting that there is within limits with each output from the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240. [of the semi-conductor film 12 formed in this substrate 10] Based on this judgment result, a carrier robot 280 sends this substrate 12 into the cassette unloader section 272. And only the substrate 10 sent into the cassette unloader section is turned to an after process.

[0058] Moreover, if an output is possible for two kinds of wavelength from the laser light source 220, the magnitude of the irregularity of the semi-conductor film can be judged with a more sufficient precision from the difference of the scattered light by wavelength.

[0059] Furthermore, with this gestalt, although the light source is only a laser light source 220, since two electric eyes (the 1st scattered-light electric eye 230 and 2nd scattered-light electric eye 240) which receive the scattered light by the 2-way which intersects perpendicularly in the field of a substrate 10 are arranged, the scattered light is received from a 2-way. Moreover, if a substrate 10 is laid on X-Y stage 210, this X-Y stage 210 is moved to Y shaft orientations and the exposure field to the substrate 10 from a laser light source 220 is moved, the above-mentioned inspection can be conducted to the whole surface of a substrate 10. Therefore, the crystallized state of the semi-conductor film 12 can be grasped to the whole surface of a substrate 10. Moreover, in a microcomputer 250, if the output from migration of X-Y stage 210, the 1st scattered-light electric eye 230, and the 2nd scattered-light electric eye 240 is made to correspond and memory is made to memorize, the field interior division cloth of change of the scattered light in the 2-way which intersects perpendicularly in the field of a substrate 10, and the crystallized state of the semi-conductor film 12 can be obtained. Here, it is in a Y-Z side that the 2nd scattered-light electric eye 240 receives the scattered light from a substrate 10, and it corresponds in the migration direction (the direction of vertical scanning) of the line beam at the time of laser annealing. Therefore, when the exposure field of the last line beam and the exposure field of this line beam have lapped selectively in the annealing process, as shown in drawing 3 (B), the membranous quality of the semi-conductor film 12 changes periodically by these Y shaft orientations. For example, in this direction of Y, when annealing treatment is performed so that a line beam may be selectively lapped in the direction of Y, since annealing will be carried out under severe conditions, in the part in which the line beam was irradiated in piles, the membranous quality of the semi-conductor film 12 changes periodically. That is, the light income of the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 changes periodically along the direction of Y. So, it can ask for the field interior division cloth of the surface roughness of the semi-conductor film 12, and it can judge with the surface roughness of the crystalline semi-conductor film 12 being uniform, so that this field interior division cloth is small. It can judge with the surface roughness of the semi-conductor film 12 of polycrystal nature being uniform, so that the difference of the scattered light on the strength is small in the 2-way which intersects perpendicularly in the field of a substrate 10 especially.

[0060] Moreover, in a microcomputer 250, if the output from migration of X-Y stage 210, the 1st scattered-light electric eye 230, and the 2nd scattered-light electric eye 240 is made to correspond and memory is made to memorize, it can also quantify by the technique of analyzing the fourier component, as detail was given for quantity of light change (crystallized state) of the scattered light in X shaft orientations and Y shaft orientations of a substrate 10 in the 1st example. If such quantitative analysis is performed, while being able to feed back a process condition quantitatively to the process before it, it can use for the semi-conductor film 12 as data for investigating the cause which abnormalities generate.

[0061] Thus, according to the test equipment 200 of this gestalt, un-destroying can estimate the membraneous quality of the semi-conductor film 12 from several seconds to the inside of a short time of several minutes, laying a substrate 10 on X-Y stage 210 which performed laser annealing in production processes, such as TFT. Therefore, if only the substrate 10 judged by such total inspection to be an excellent article is turned to an after process and TFT is manufactured, since it is not necessary to perform the useless process of making TFT to the unusual semi-conductor film 12, the manufacturing cost of TFT can be reduced. Moreover, since TFT is manufactured only using the semi-conductor film 12 judged to be an excellent article, TFT by which quality was stabilized can be manufactured. Therefore, if the active-matrix substrate which made TFT by which such quality was stabilized in the object for pixel switching or actuation circuits is used, in the liquid crystal panel using this active-matrix substrate, improvement in display grace and improvement in dependability can be aimed at.

[0062] Moreover, since laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt have composition which incorporated test equipment 200 to the laser annealer, a laser light source 220 and optical system can be shared as it is as the object for laser annealing, and checking.

[0063] In addition, in laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt, although it was the configuration which shares a laser light source 220 as the object for laser annealing, and checking, the laser light source of dedication may be prepared, respectively. Moreover, as the light source for membraneous assessment, it may replace with a laser light source and the light income for every wavelength field may be detected, using a CCD camera as an electric eye, using the light source which carries out outgoing radiation of the white parallel light. Furthermore, in laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt, although it was the configuration shared as the object for

laser annealing, and checking also about X-Y stage 210, the X-Y stage of dedication may be prepared, respectively. In this case, it is necessary to arrange in a vacuum chamber about the X-Y stage for laser annealing (the 1st stage). On the other hand, you may constitute as a stage for cooling (the 2nd stage) which built in the cooler style for arranging out of a vacuum chamber about a checking X-Y stage (the 2nd stage), and cooling the substrate 10 after laser annealing about a checking X-Y stage (the 2nd stage).

[0064] Furthermore, although two electric eyes which consist of the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240 were prepared in laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt, as long as it rotates 90 degrees of X-Y stages and inspects a 2-way independently, the number of scattered-light electric eyes may be one.

[0065] With laser annealing and the test equipment 200 of this gestalt, by the 1st scattered-light electric eye 230 and the 2nd scattered-light electric eye 240, it may act as the monitor of the scattered light in laser annealing, and it may be used for the monitor of annealing conditions etc. further again.

[0066] The process which makes TFT to the substrate 10 equipped with the semi-conductor film 12 judged among the semi-conductor film 12 formed as shown in [manufacture approach of TFT] drawing 1 to be an excellent article is explained briefly.

[0067] First, as are shown in drawing 12 (A), and the resist mask 22 is formed using a photolithography technique and it is shown in the front face of the semi-conductor film 12 of the polycrystal nature formed as shown in drawing 1 (C) at drawing 12 (B), patterning of this semi-conductor film 12 is carried out to the island-shape semi-conductor film 12.

[0068] Next, gate dielectric film 13 is formed by the plasma-CVD method all over a substrate 10 under temperature conditions 350 degrees C or less. The mixed gas of TEOS and oxygen gas can be used for the material gas at this time. .

[0069] Next, as shown in drawing 12 (C), the electric conduction film 21, such as a tantalum thin film, is formed by a spatter etc. all over a substrate 10 under temperature conditions 350 degrees C or less.

[0070] Next, as shown in drawing 12 (D), patterning of the electric conduction film 21 is carried out using a photolithography technique, and the gate electrode 15 is formed in the front face of gate dielectric film 13.

[0071] Next, as opposed to the semi-conductor film 12, phosphorus ion

(impurity ion) is introduced by using the gate electrode 15 as a mask. Consequently, the source drain field 16 is formed in the semi-conductor film 12 in self align to the gate electrode 15, and the part into which impurity ion was not introduced serves as the channel field 17 at it. The ion implantation equipment (ion doping system) of for example, a bucket mold mass non-discrete type can be used for installation of such an impurity, and things are made to it using the phosphine (PH₃) diluted with hydrogen gas as material gas so that concentration might become 5%. In addition, what is necessary is just to use the diboron hexahydride (B₂H₆) diluted so that concentration might become 5% with hydrogen gas as material gas, in forming TFT of a P channel mold.

[0072] Next, as shown in drawing 12 (E), the interlayer insulation film 18 which consists of silicon oxide is formed by the plasma-CVD method under temperature conditions 350 degrees C or less. The material gas at this time can also use the mixed gas of TEOS and oxygen gas. Next, 300 degrees C and heat treatment of 1 hour are performed under an oxygen ambient atmosphere, and activation of the poured-in phosphorus ion and refining of an interlayer insulation film 18 are performed.

[0073] Next, a contact hole 19 is formed and the source drain electrode 20 connected conductively to after an appropriate time to the source drain field 16 through this contact hole 19 is formed. Thus, TFT30 is formed in the front face of a substrate 10.

[0074] In addition, in forming TFT30 as a switching element in the active matrix of a liquid crystal display panel, it forms the gate electrode 15 as a part of scanning line. Moreover, one side of the source drain electrodes 20 is formed as the data line, and another side of the source drain electrodes 20 is constituted as some pixel electrodes or an electrode connected conductively to it. Moreover, this example and any example explained below are examples to the last, and a low concentration field and an offset field may be established in the field which stands face to face against the edge of the gate electrode 15 among the source drain fields 16.

[0075] Thus, in constituted TFT30, since the semi-conductor film 12 of polycrystal nature used as an active layer already undergoes membranous inspection and is judged to be an excellent article, TFT by which quality was stabilized can be manufactured. Therefore, if the active-matrix substrate which made TFT by which such quality was stabilized in the object for pixel switching or actuation circuits is used, in the liquid crystal panel using this active-matrix substrate, improvement in display grace and improvement in dependability can be aimed at.

[0076]

[Effect of the Invention] By this invention, as explained above, since the membraneous quality of the semi-conductor film can be inspected by un-destroying to the inside of a short time, in the production process of TFT, in-line one can estimate membraneous quality, and only the substrate in which the semi-conductor film of the polycrystal nature of normal membraneous quality was formed can be turned to an after process. So, the yield and dependability of a active-matrix substrate of the liquid crystal panel using TFT as a switching element improve.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] (A), (B), and (C) are process sectional views until it forms the semi-conductor film of polycrystal nature on a substrate, respectively.

[Drawing 2] In the process shown in drawing 1 (C), it is the explanatory view showing how to perform laser annealing.

[Drawing 3] (A) The sectional view in which - (C) shows typically the situation of the semi-conductor film front face of the polycrystal nature which used the line beam for the amorphous semiconductor film on a substrate, performed laser annealing and was obtained, respectively, The explanatory view showing change of the dry area of the semi-conductor film front face of the polycrystal nature in the longitudinal direction (main scanning direction) of the line beam at the time of performing this laser annealing, And it is the explanatory view showing change of the dry area of the semi-conductor film front face of the polycrystal nature in the migration direction (the direction of vertical scanning) of the line beam at the time of performing laser annealing.

[Drawing 4] It is the perspective view showing typically the important

section of the annealer used at the laser annealing process performed before enforcing the inspection approach of the polycrystal nature semi-conductor film concerning the gestalt 1 of operation of this invention.

[Drawing 5] It is the perspective view showing typically the important section of the test equipment for performing the inspection approach of the polycrystal nature semi-conductor film concerning the gestalt 1 of operation of this invention.

[Drawing 6] It is the side elevation which saw the important section of the test equipment shown in drawing 5 from Y shaft orientations.

[Drawing 7] It is the side elevation which saw the important section of the test equipment shown in drawing 5 from X shaft orientations.

[Drawing 8] It is the block which shows typically the important section of the laser annealing and test equipment for performing the inspection approach of the polycrystal nature semi-conductor film concerning the gestalt 2 of operation of this invention.

[Drawing 9] It is the perspective view showing typically the optical system of the laser annealing and test equipment shown in drawing 8 etc.

[Drawing 10] It is the side elevation which saw the optical system of the laser annealing and test equipment shown in drawing 9 from Y shaft orientations.

[Drawing 11] It is the side elevation which saw the optical system of the laser annealing and test equipment shown in drawing 9 from X shaft orientations.

[Drawing 12] (A) - (E) is the process sectional view showing how to manufacture TFT from the polycrystal nature semi-conductor film formed by the approach shown in drawing 1 , respectively.

[Description of Notations]

10 ... Substrate

11 ... Substrate protective coat

12 ... Semi-conductor film

13 ... Gate dielectric film

15 ... Gate electrode

16 ... Source drain field

17 ... Channel field

18 ... Interlayer insulation film

19 ... Contact hole

20 ... Source drain electrode

21 ... Electric conduction film

22 ... Resist mask

30 ... TFT

100 Test Equipment

110 210 X-Y stage
119 219 Sample for proofreading
122 1st Light Source for Offset Lighting (Light Source for Membraneous Assessment)
123 2nd Light Source for Offset Lighting (Light Source for Membraneous Assessment)
160 CCD Camera (Electric Eye)
150 250 Personal computer (membraneous judging means)
200 Laser Annealing and Test Equipment
209 Vacuum Chamber
230 1st Scattered-Light Electric Eye
240 2nd Scattered-Light Electric Eye
271 Cassette Loader Section
272 Cassette Unloader Section
280 Carrier Robot
290 Defect Substrate Blowdown Section
300 Annealer
310 X-Y Stage
320 Laser Light Source
L The exposure field of a line beam
L0 Line beam

[Translation done.]

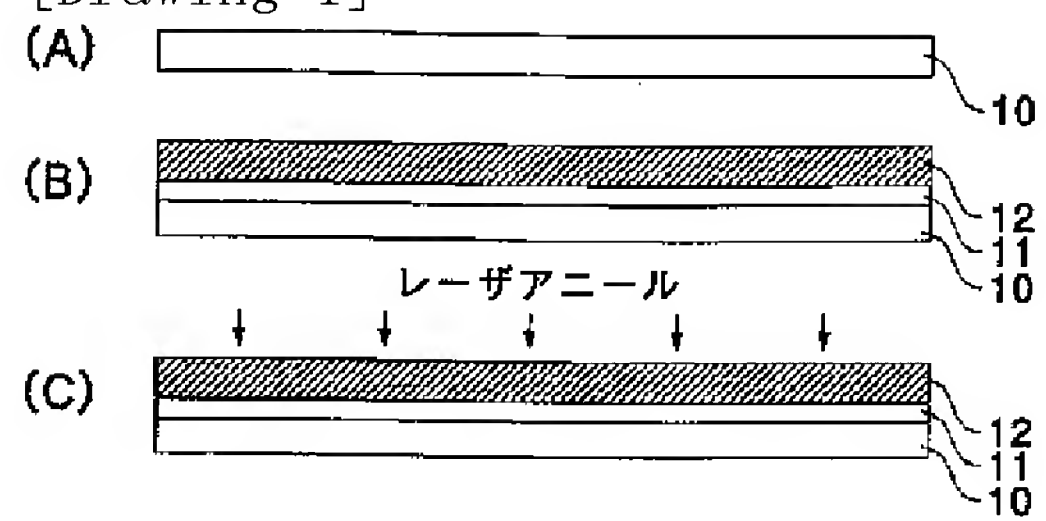
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

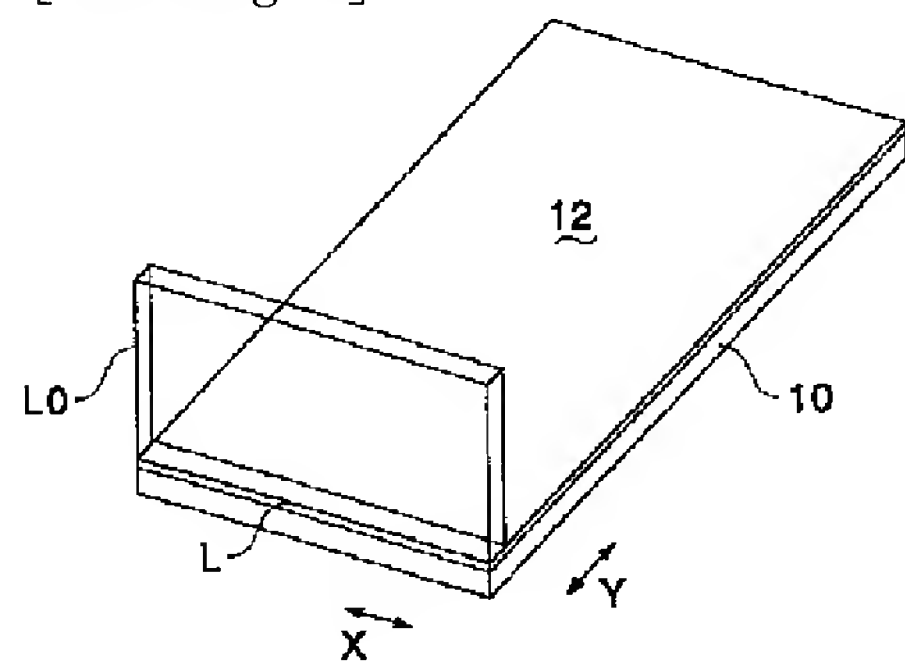
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

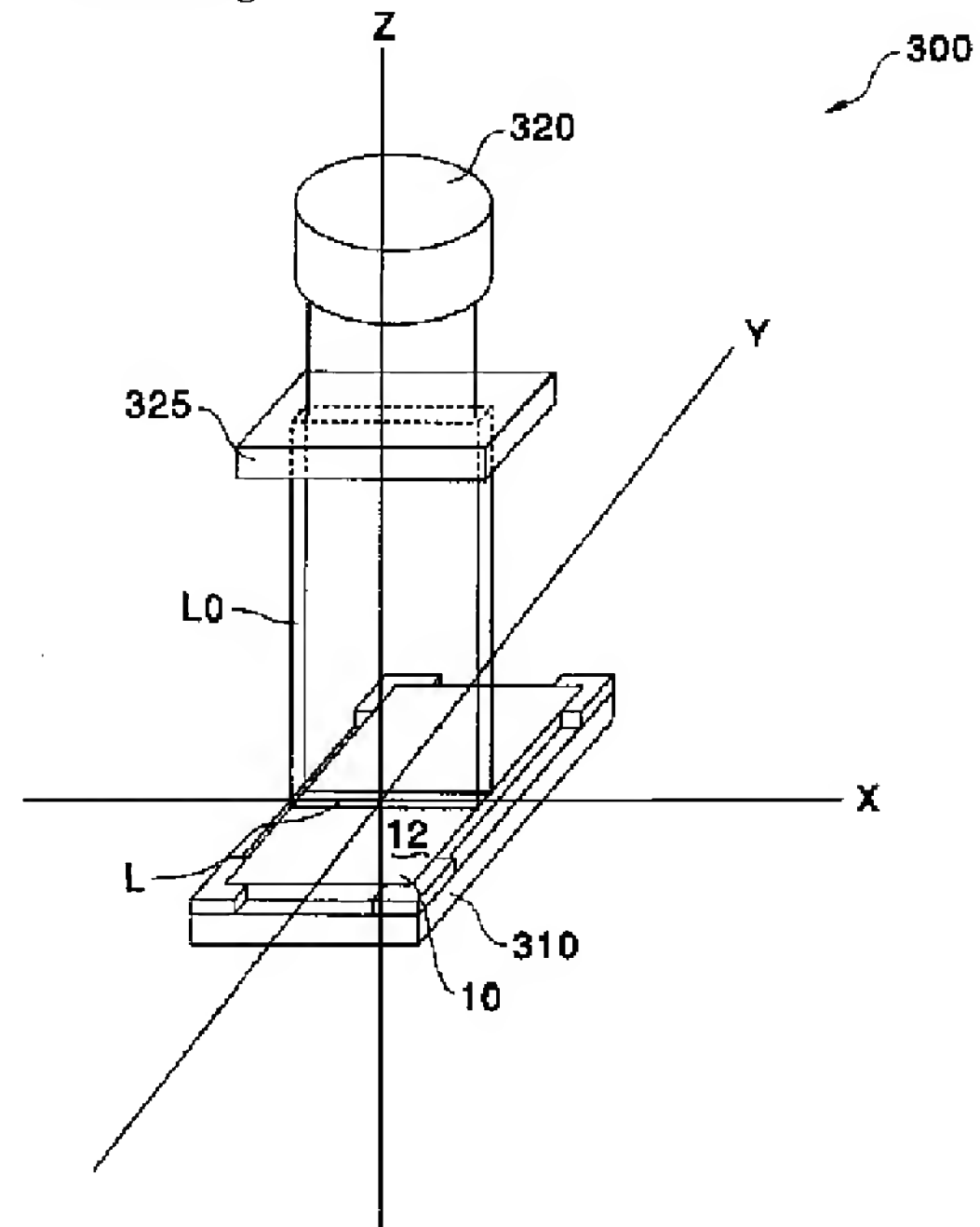
[Drawing 1]



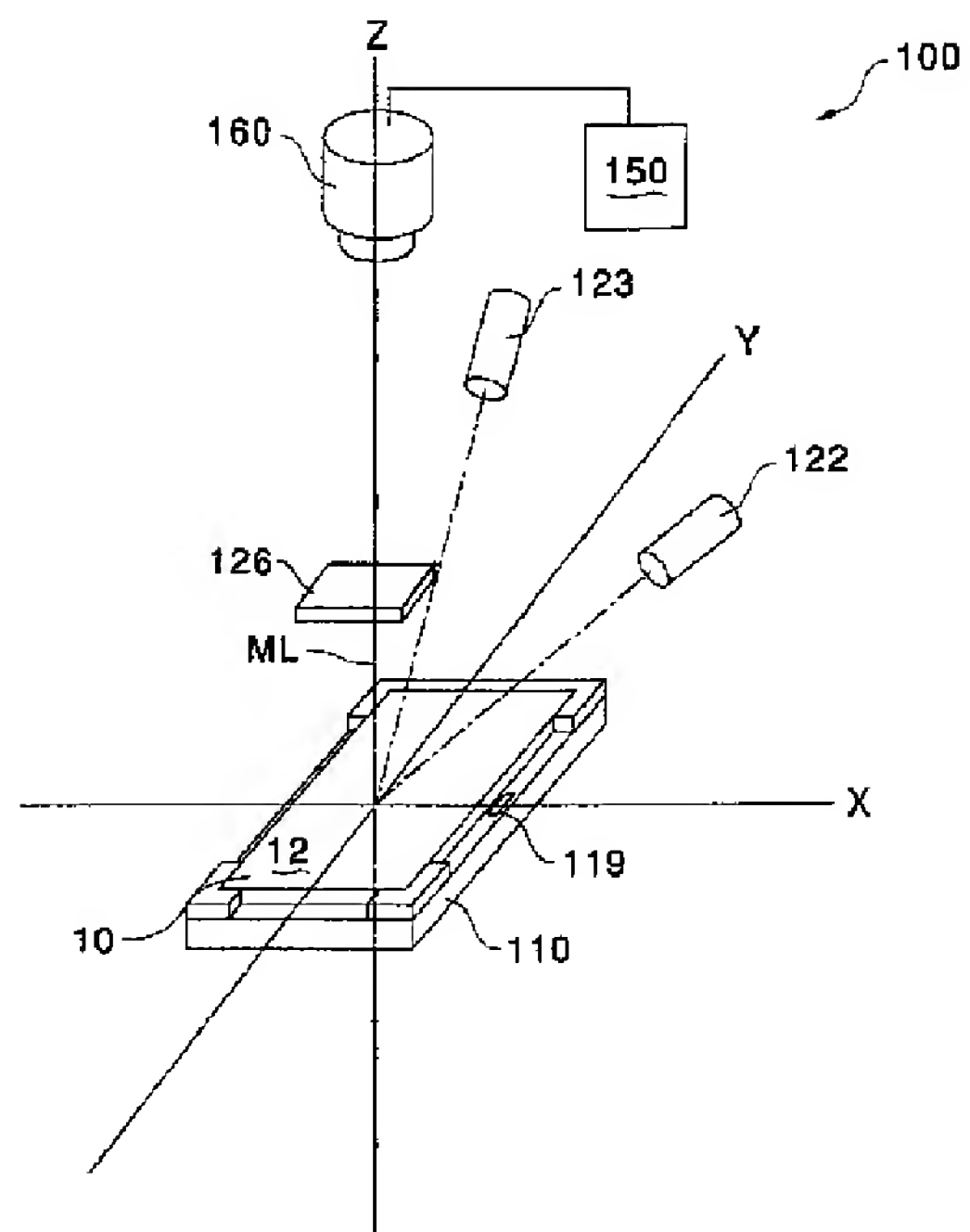
[Drawing 2]



[Drawing 4]

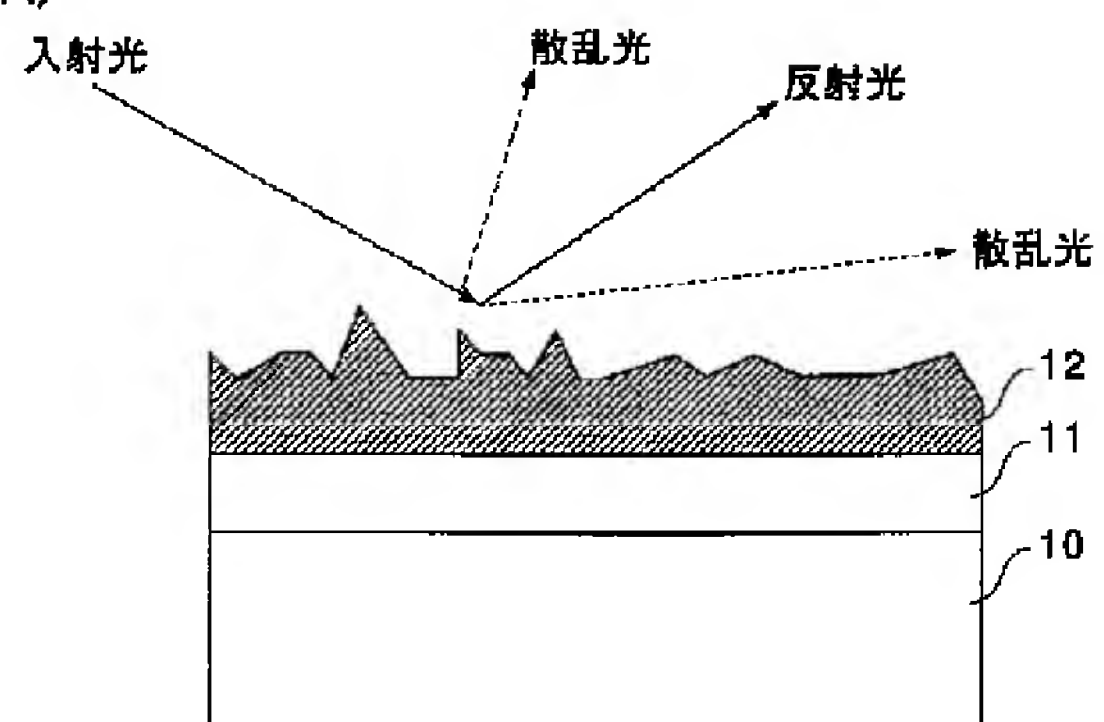


[Drawing 5]

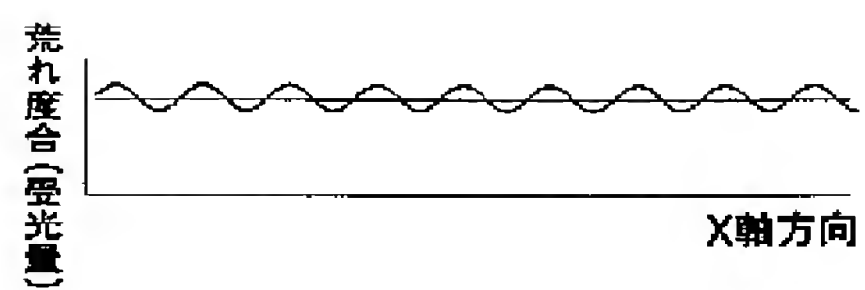


[Drawing 3]

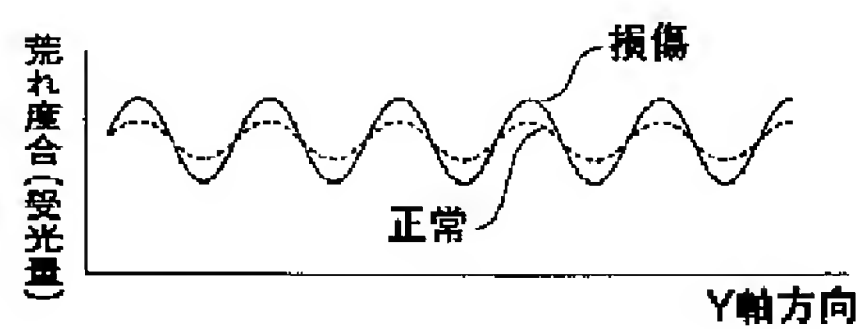
(A)



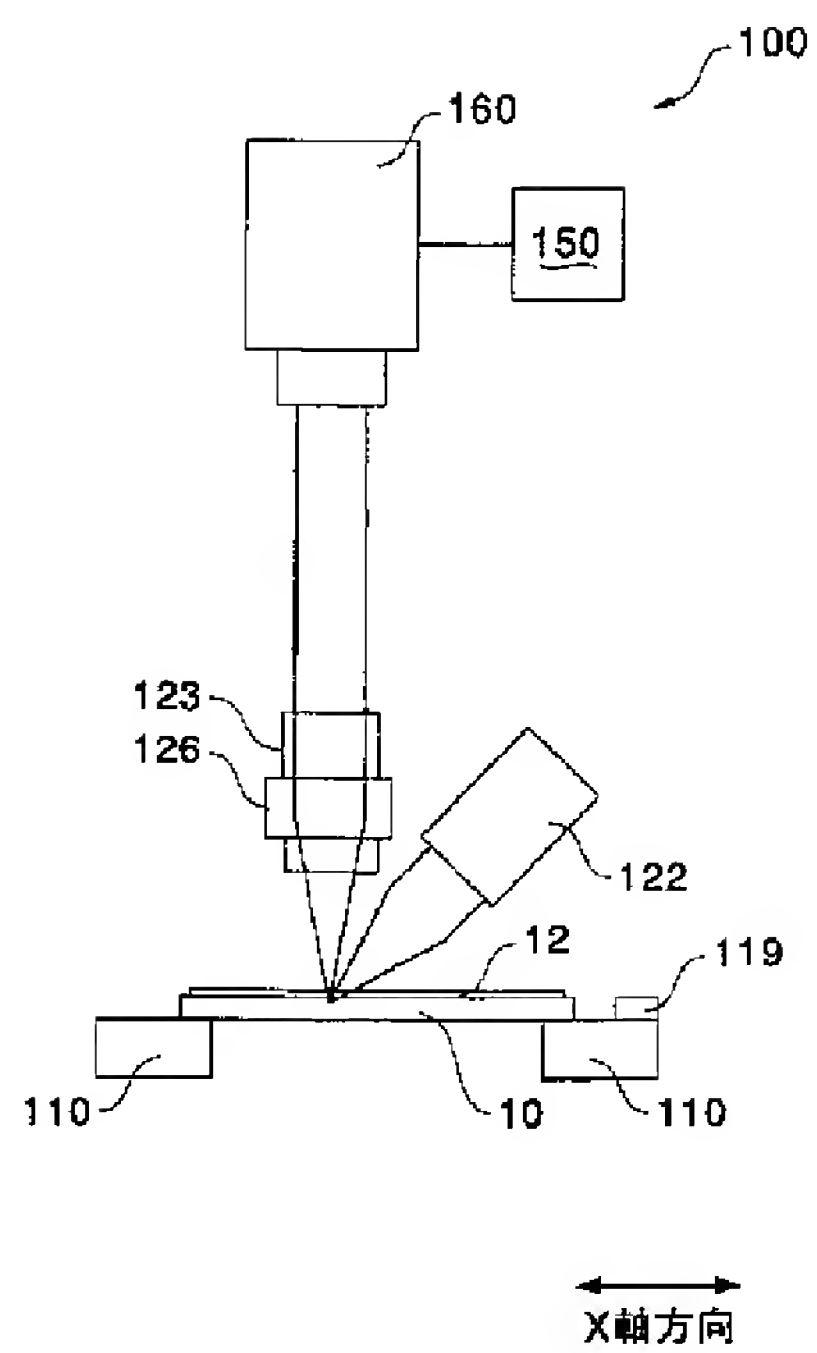
(B)



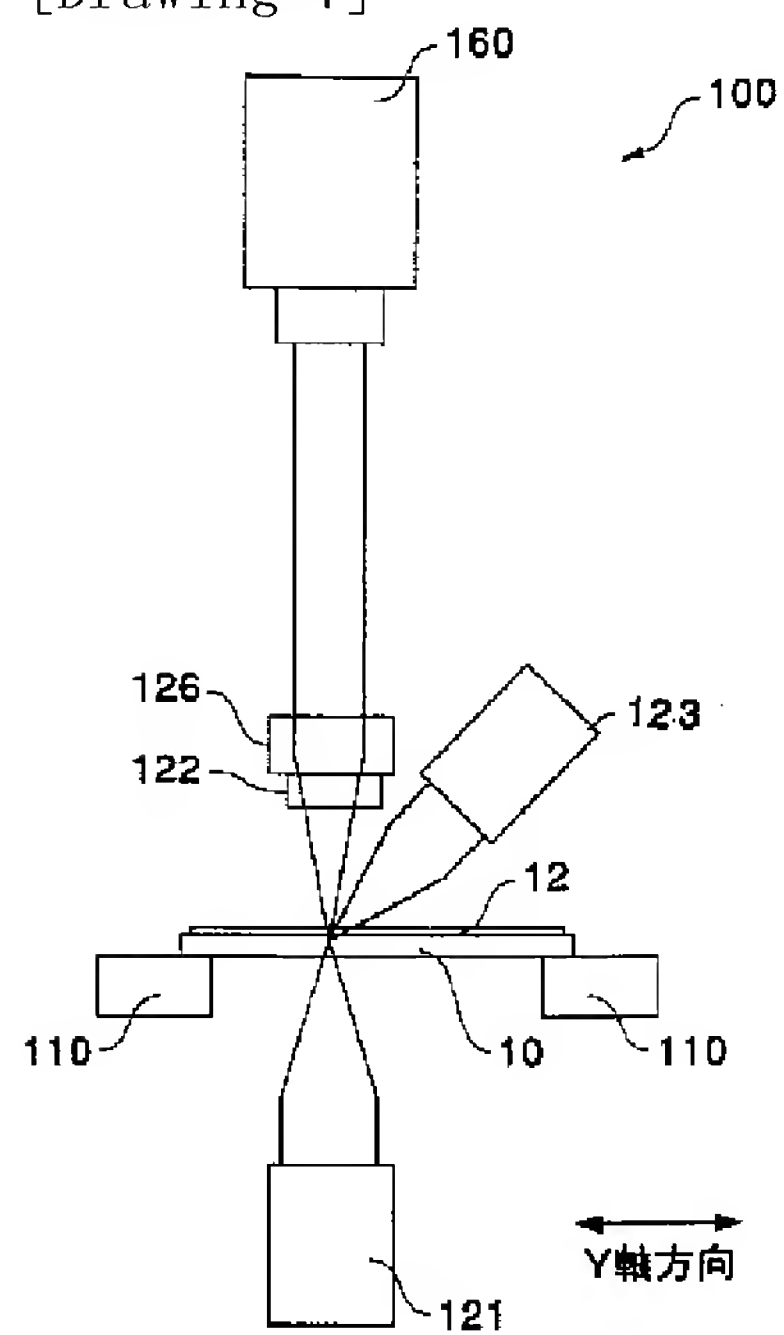
(C)



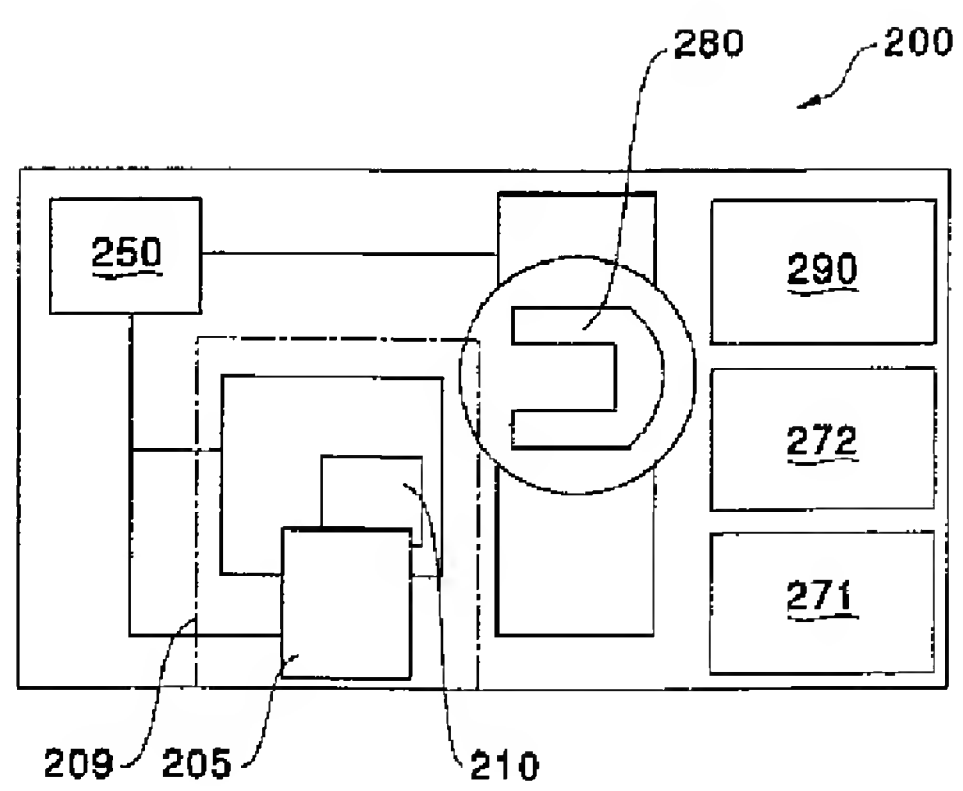
[Drawing 6]



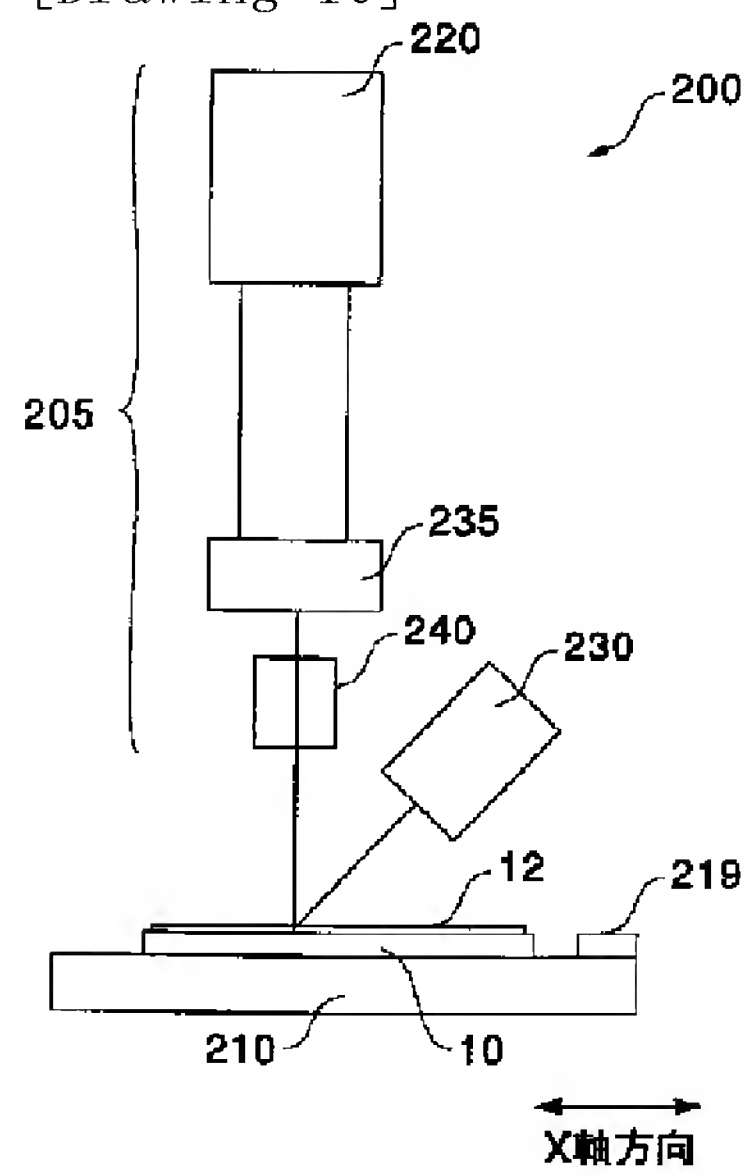
[Drawing 7]



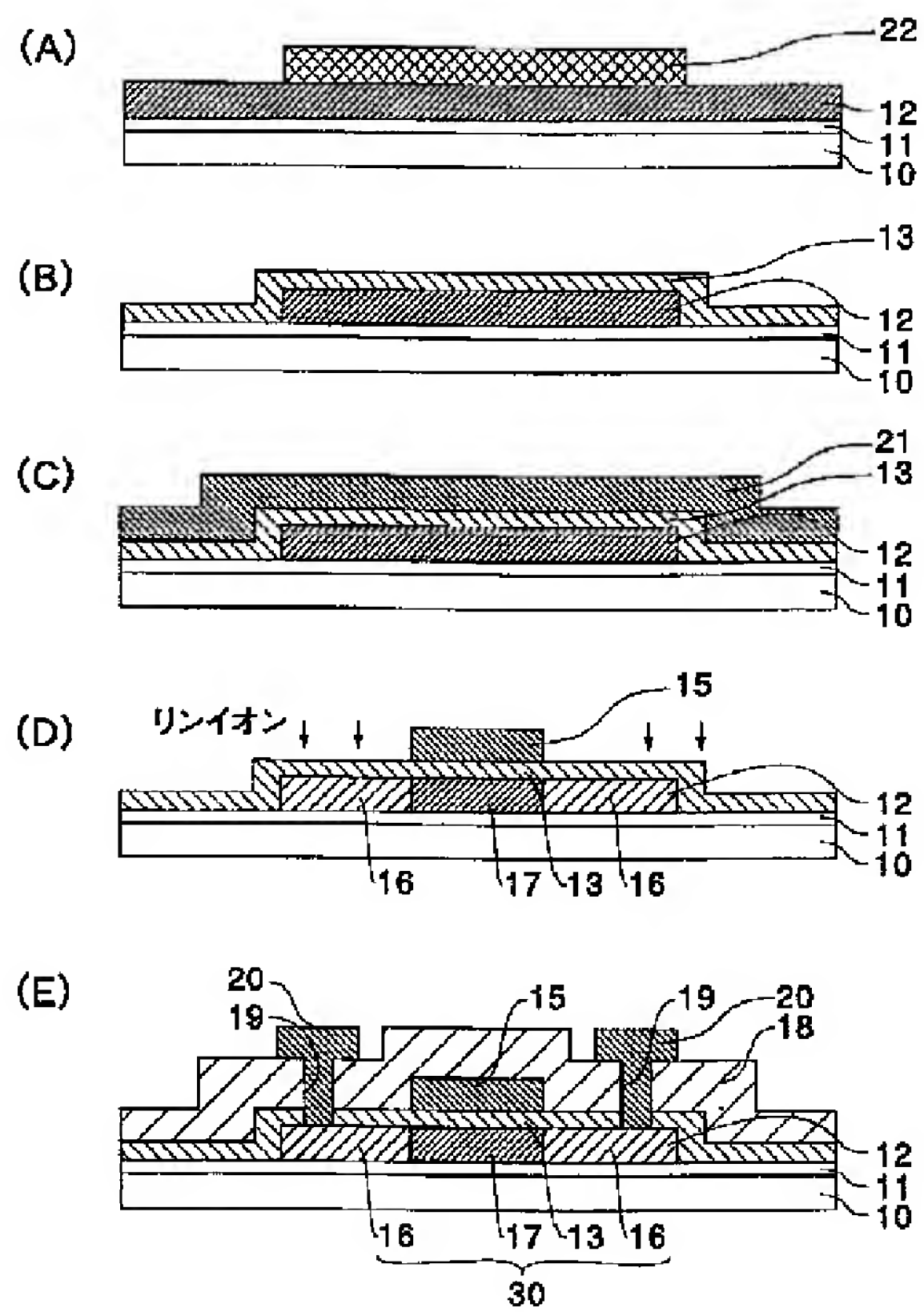
[Drawing 8]



[Drawing 10]



[Drawing 9]



[Translation done.]